



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo

NEUSA LONGO DE SOUZA RIBEIRO

ATENUAÇÃO SOLAR E SOMBREAMENTO
PRODUZIDO POR ESPÉCIES DE PALMEIRAS EM
ÁREA URBANA

CAMPINAS

2018

NEUSA LONGO DE SOUZA RIBEIRO

**ATENUAÇÃO SOLAR E SOMBREAMENTO
PRODUZIDO POR ESPÉCIES DE PALMEIRAS EM
ÁREA URBANA**

Dissertação de Mestrado apresentada à Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo da Unicamp, para obtenção do título de Mestra em Arquitetura, Tecnologia e Cidade, na área de Arquitetura, Tecnologia e Cidade.

Orientadora: Profa. Dra. Lucila Chebel Labaki.

ESTE EXEMPLAR CORRESPONDE À VERSÃO FINAL DA DISSERTAÇÃO DEFENDIDA PELA ALUNA NEUSA LONGO DE SOUZA RIBEIRO E ORIENTADA PELA PROFA. DRA. LUCILA CHEBEL LABAKI.

ASSINATURA DA ORIENTADORA



Profa. Dra. Lucila Chebel Labaki

CAMPINAS

2018

Agência(s) de fomento e nº(s) de processo(s): Não se aplica.

Ficha catalográfica
Universidade Estadual de Campinas
Biblioteca da Área de Engenharia e Arquitetura
Rose Meire da Silva - CRB 8/5974

R354a Ribeiro, Neusa Longo de Souza, 1962-
Atenuação solar e sombreamento produzido por espécies de palmeiras em
área urbana / Neusa Longo de Souza Ribeiro. – Campinas, SP : [s.n.], 2018.

Orientador: Lucila Chebel Labaki.
Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual de Campinas, Faculdade
de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo.

1. Conforto térmico. 2. Palmeira. 3. Vegetação e clima. 4. Radiação solar. 5.
Arborização das cidades. I. Labaki, Lucila Chebel, 1943--. II. Universidade
Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e
Urbanismo. III. Título.

Informações para Biblioteca Digital

Título em outro idioma: Solar attenuation and shading produced by species of palm trees
in urban area

Palavras-chave em inglês:

Thermal comfort

Palm trees

Vegetation and climate

Solar radiation

Arborization of cities

Área de concentração: Arquitetura, Tecnologia e Cidade

Titulação: Mestra em Arquitetura, Tecnologia e Cidade

Banca examinadora:

Lucila Chebel Labaki [Orientador]

Ana Maria Liner Pereira Lima

Evandro Ziggiatti Monteiro

Data de defesa: 22-02-2018

Programa de Pós-Graduação: Arquitetura, Tecnologia e Cidade

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL, ARQUITETURA E URBANISMO

**ATENUAÇÃO SOLAR E SOMBREAMENTO PRODUZIDO
POR ESPÉCIES DE PALMEIRAS EM ÁREA URBANA**

NEUSA LONGO DE SOUZA RIBEIRO

Dissertação de Mestrado aprovada pela Banca Examinadora, constituída por:

Profa. Dra. Lucila Chebel Labaki

Presidente e Orientadora / Universidade Estadual de Campinas

Profa. Dra. Ana Maria Liner Pereira Lima

Universidade de São Paulo / ESALQ

Prof. Dr. Evandro Ziggiatti Monteiro

Universidade Estadual de Campinas

A Ata da defesa com as respectivas assinaturas dos membros encontra-se
no processo de vida acadêmica do aluno.

Campinas, 22 de fevereiro de 2018

“É realmente emocionante contemplar uma árvore anosa e lembrar que foi plantada quando eu ainda era menino; ver um jardim formado com a ajuda de décadas de calores e das chuvas é algo indescritível. Ficar no meio de um gramado, acompanhando com os olhos o contorno da paisagem que, em um dia distante, foi traçada em um papel, onde imaginei uma porção de plantas que hoje estão aí, adultas e cúmplices de um delicioso plano de vida, é tudo aquilo que sonhei para uma velhice que se aproxima.”

(Raul Cânovas)

Aos meus pais Felisberto (in memoriam) e Amábile pelo incentivo, por serem uma benção e presentes de Deus em minha vida.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por me permitir mais esta conquista.

Um agradecimento especial a minha orientadora, Prof^a Dr^a Lucila Chebel Labaki, pelo exemplo, carinho e confiança, pelo cuidado e dedicação na orientação desse trabalho.

À Profa. Dra. Ana Maria Liner Pereira Lima e à Profa. Dra Maria Teresa Françoso por participarem da Banca de Qualificação fornecendo preciosas contribuições a este trabalho.

Aos técnicos Obadias Pereira da Silva Júnior e Daniel Celente, do Laboratório de Conforto Ambiental e Física da Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo da Universidade Estadual de Campinas, pelo apoio, pela orientação para a utilização dos equipamentos e tratamento dos dados obtidos no experimento de campo.

Ao José Gabriel Labaki Tomaselli, que me fez ver que sempre é tempo de recomeçar.

Ao Robson Pompeu, da Tropical Plantas de Limeira, que com tanto carinho forneceu as palmeiras objeto de estudo dessa pesquisa.

Ao Paulo, meu marido, que não mediu esforços na preparação do local da pesquisa, no plantio e manutenção das palmeiras.

Aos meus filhos Felipe, pelo incentivo, sugestões na elaboração dos gráficos e revisão criteriosa das traduções e Pedro, pelo estímulo, colaboração e apoio no transporte e montagem dos equipamentos.

À Adriana Eloá Bento Amorim, grande companheira, pela alegria, dedicação e colaboração criteriosa, sempre presente nos dias de medição.

À Loyde Vieira de Abreu Harbich, por toda a orientação para a utilização do software, auxílio nos cálculos e aplicação dos métodos.

Às minhas irmãs Laura, fonte de inspiração, que pacientemente me ajudou desde os primeiros passos do projeto; Myriam pela disponibilidade, apoio, acompanhamento sempre com sugestões valiosas e por sua cuidadosa revisão e Lyliam, que vibrou comigo em cada conquista.

Aos meus amigos Denise Damas de Oliveira Morelli, Paulo Gustavo Krejci Nunes e Rafael dos Reis Okuta, pelo auxílio na orientação e manuseio dos equipamentos, nos cálculos e nos gráficos.

À Marilene Bernardes Longo Mendes, pelo estímulo e apoio incondicional.

Aos amigos que direta ou indiretamente colaboraram na minha trajetória e contribuíram para a concretização desse trabalho.

RESUMO

Vários estudos sobre o conforto térmico proporcionado por espécies arbóreas no microclima urbano demonstraram seus efeitos no arrefecimento da temperatura, principalmente no verão em regiões de clima tropical. Entretanto, em diversas cidades brasileiras, a arborização urbana e o paisagismo nas áreas privadas têm função prioritariamente estética, com larga utilização de espécies de palmeiras. Constatou-se que há poucos estudos, tanto no Brasil quanto no exterior, sobre a quantificação de mitigação de calor proporcionado por estas espécies. Nesse contexto, o objetivo desta pesquisa é avaliar o comportamento das palmeiras, quanto à atenuação solar e sua influência no conforto térmico em áreas urbanas, em região de clima tropical de altitude. Trata-se de uma pesquisa exploratória e quantitativa, para a qual foram selecionadas três diferentes espécies de palmeiras: “Rabo de Raposa” (*Wodyetia bifurcata* Irvine), “Tamareira” (*Phoenix dactylifera* L.) e “Washingtonia” (*Washingtonia robusta* H. Wendl). Uma amostra de cada tipo foi plantada isoladamente, em gramado extenso, no Campus da Universidade Estadual de Campinas, em Campinas/SP. O local, de topografia pouco acidentada, não sofre interferência de sombreamento de edifícios ou de outras espécies arbóreas. Como desdobramento da pesquisa optou-se pelo estudo de um conjunto de palmeiras, a fim de avaliar o potencial de atenuação solar de uma configuração onde os indivíduos estão plantados próximos uns dos outros. Foi selecionado um agrupamento composto por sete indivíduos da espécie “Livistona” (*Livistona saribus* (Loureiro) Merrill ex. A. Chevalier), plantadas em uma área de 350m², com topografia pouco acidentada, localizado na Avenida Dr. André Tosello, no Campus da Unicamp, local seguro, acessível e sem a interferência de elementos externos. A obtenção de dados quantitativos consistiu na medição da temperatura do ar, temperatura de globo, umidade relativa do ar, velocidade do vento e radiação solar, ao sol e à sombra de cada espécie de palmeira. Para verificação de resultados em função da posição solar, as medições ocorreram na primavera de 2016 para as palmeiras isoladas; e no verão, outono e inverno de 2017, para as palmeiras isoladas e agrupamento. Foram calculados o Índice de Área foliar (LAI - *Leaf Area Index*), a Temperatura Média Radiante (T_{rm}) e a Temperatura Fisiológica Equivalente (PET). No agrupamento, os resultados foram expressivos na avaliação de sombreamento e conforto térmico. Observou-se que, entre as espécies de palmeiras isoladas avaliadas, a Washingtonia apresentou a maior atenuação solar incidente e o maior percentual de conforto. Os resultados obtidos fornecerão subsídios importantes aos urbanistas e paisagistas sobre o uso das palmeiras, levando em conta o efeito térmico.

Palavras-chave: Conforto térmico; Palmeira; Vegetação e clima; Radiação solar; Arborização das cidades.

ABSTRACT

Several studies on the thermal comfort provided by tree species in urban microclimate demonstrated their effects on the cooling temperature, especially in summer in tropical regions. However, in many Brazilian cities, urban forestry and landscaping in private areas have primarily aesthetic function, with extensive use of palm species. It was noticed that there are few studies on the measurement of heat mitigation provided by these species, both in Brazil and abroad. In this context, the objective of this research is to evaluate the behavior of palm trees, regarding the solar attenuation and their influence on the thermal comfort in urban areas, in altitude tropical climate region. This is an exploratory and quantitative research, for which were selected three different types of palm trees, "Rabo de Raposa" (*Wodyetia bifurcate* Irvine), "Tamareira" (*Phoenix dactylifera* L.) and "Washingtonia" (*Washingtonia robusta* H. Wendl). A sample of each type was planted isolated, on extensive lawn, at the campus of the State University of Campinas, in São Paulo State. The site, with a slightly rugged topography, does not suffer interference from the shading of buildings or other tree species. As deployment of the research, it was decided to study a set of palm trees in order to evaluate the potential solar attenuation of a configuration where the species are planted close to each other. It was selected a cluster of seven "Livistonas" (*Livistona saribus* (Loureiro) Merrill ex. A. Chevalier), planted in an plain area of 350 m², located on Dr. André Tosello avenue, in the Campus of Unicamp, a safe, accessible place and without the interference of external elements. Quantitative data collection consisted in the measurement of air temperature, globe temperature, relative air humidity, wind speed and solar radiation, in the sun and under shade of each of the species of palm trees previously mentioned. In order to verify results according to solar position, measurements were taken in the spring of 2016 for each palm tree separately, and in the summer, fall and winter of 2017, for each palm tree separately and for the cluster. Leaf Area Index (LAI), Radiant Mean Temperature (Trm) and Equivalent Physiological Temperature (PET) were calculated. Regarding the grouped palm trees, the results were expressive in terms of evaluation of shading and thermal comfort. It was observed that among the isolated palm species evaluated, "Washingtonia" presented the highest incident solar attenuation and the highest percentage of comfort. These results will provide important subsidies to urban planners and landscapers on the use of palm trees, taking into account the thermal effect.

Keywords: Thermal comfort; Palm trees; Vegetation and climate; Solar radiation; Arborization of cities.

Lista de ilustrações

Figura 1: Esquema das folhas pinadas e palmadas.....	30
Figura 2: Locais selecionados para pesquisa: (1) palmeiras isoladas; (2) agrupamento de palmeiras...	42
Figura 3: Palmeira analisada - Rabo de Raposa.....	44
Figura 4: Palmeira analisada - Tamareira	45
Figura 5: Palmeira analisada - Washingtônia.....	46
Figura 6: Palmeiras isoladas - Local da pesquisa: (a) imagem das palmeiras; (b) posição das palmeiras	47
Figura 7: Estação total da Leica	47
Figura 8: Agrupamento de palmeiras analisado	49
Figura 9: Posição das palmeiras Livistona no agrupamento - Local da pesquisa	50
Figura 10: Sensores e registradores de: (a) temperatura do ar, (b) umidade e (c) temperatura de globo ..	53
Figura 11: Anemômetro/termômetro digital	53
Figura 12: Tripé com a montagem dos equipamentos de medição	54
Figura 13: (a) Solarímetro de tubo e (b) registrador	54
Figura 14: Montagem dos equipamentos de medição no tripé e sobre o cavalete	55
Figura 15: (a) e (b) Montagem dos equipamentos de medição na posição sombra - palmeira Tamareira	55
Figura 16: Equipamento LAI-ACCUPAR LP-80 de mensuração do LAI.....	56
Figura 17: Média da temperatura do ar - três dias na primavera/2016.....	59
Figura 18: Média da temperatura do ar - três dias no verão 2016/2017.....	60
Figura 19: Média da temperatura do ar - dois dias no outono/2017.....	60
Figura 20: Média da temperatura do ar - três dias no inverno/2017	61
Figura 21: Temperatura do ar - agrupamento - verão 2016/2017	62
Figura 22: Temperatura do ar - agrupamento - outono/2017	62
Figura 23: Temperatura do ar - agrupamento - inverno/2017	63
Figura 24: Média da temperatura de globo - três dias na primavera/2016.....	64
Figura 25: Média da temperatura de globo - três dias no verão 2016/2017.....	64
Figura 26: Média da temperatura de globo - dois dias no outono/2017.....	65
Figura 27: Média da temperatura de globo - três dias no inverno 2017.....	65
Figura 28: Temperatura de globo - agrupamento - verão 2016/2017.....	66
Figura 29: Temperatura de globo - agrupamento - outono/2017	66
Figura 30: Temperatura de globo - agrupamento - inverno/2017	67
Figura 31: Média da radiação solar - três dias na primavera/2016.....	67
Figura 32: Média da radiação solar - três dias no verão 2016/2017.....	68
Figura 33: Média da radiação solar - dois dias no outono/2017.....	68
Figura 34: Média da radiação solar - três dias no inverno/2017	69
Figura 35: Radiação solar - agrupamento - verão 2016/2017	69
Figura 36: Radiação solar - agrupamento - outono/2017	70
Figura 37: Radiação solar - agrupamento - inverno/2017	70
Figura 38: Média da umidade relativa do ar - três dias na primavera/2016.....	71
Figura 39: Média da umidade relativa do ar - três dias no verão 2016/2017	71
Figura 40: Média da umidade relativa do ar - dois dias no outono/2017	72
Figura 41: Média da umidade relativa do ar - três dias no inverno 2017.....	72
Figura 42: Umidade relativa do ar - agrupamento - verão 2016/2017	73

Figura 43: Umidade relativa do ar - agrupamento - outono 2017	73
Figura 44: Umidade relativa do ar - agrupamento- inverno/2017	74
Figura 45: Média da velocidade do ar - três dias na primavera/2016	75
Figura 46: Média da velocidade do ar - três dias no verão 2016/2017.....	75
Figura 47: Média da velocidade do ar - dois dias no outono/2017	76
Figura 48: Média da velocidade do ar - três dias no inverno 2017	76
Figura 49: Velocidade do ar - agrupamento - verão 2016/2017.....	77
Figura 50: Velocidade do ar - agrupamento - outono/2017	77
Figura 51: Velocidade do ar - agrupamento - inverno/2017	78
Figura 52: Média da temperatura radiante média - três dias na primavera/2016	78
Figura 53: Média da temperatura radiante média - três dias no verão 2016/2017	79
Figura 54: Média da temperatura radiante média - dois dias no outono 2017	79
Figura 55: Média da temperatura radiante média - três dias no inverno / 2017	80
Figura 56: Temperatura radiante média - agrupamento - verão 2016/2017.....	80
Figura 57: Temperatura radiante média - agrupamento - outono/2017.....	81
Figura 58: Temperatura radiante média - agrupamento - inverno/2017.....	81
Figura 59: Índice de área foliar - LAI	85
Figura 60: Índice PET- palmeiras isoladas - primavera/2016.....	87
Figura 61: Índice PET- palmeiras isoladas - verão 2016/2017	87
Figura 62: Índice PET- palmeiras isoladas - outono/2017	88
Figura 63: Índice PET- palmeiras isoladas - inverno/2017	88
Figura 64: Índice PET - agrupamento - verão 2016/2017	89
Figura 65: Índice PET - agrupamento - outono/2017.....	89
Figura 66: Índice PET - agrupamento - inverno/2017	90
Figura 67: Calibração PET Monteiro e Alucci - palmeiras isoladas	92
Figura 68: Calibração PET Monteiro e Alucci - agrupamento.....	92
Figura 69: Calibração PET Hirashima - palmeiras isoladas.....	93
Figura 70: Calibração PET Hirashima - agrupamento	93

Lista de tabelas

Tabela 1: Benefícios relevantes dos serviços ambientais urbanos para a saúde humana	22
Tabela 2: Percentual de palmeiras em áreas urbanas	33
Tabela 3: Estudos sobre o comportamento das palmeiras quanto ao conforto térmico	36
Tabela 4: Índices Voto Médio Estimado (PMV) e Temperatura Equivalente Fisiológica (PET)	39
Tabela 5: Calibração do índice PET para a cidade de São Paulo, proposta por Monteiro e Alucci (2008)	39
Tabela 6: Calibração do índice PET, para a cidade de Belo Horizonte, proposta por Hirashima (2010)	39
Tabela 7: Posicionamento das três palmeiras em coordenadas UTM e suas características individuais	48
Tabela 8: Posicionamento do agrupamento de palmeiras em coordenadas UTM e suas características individuais	50
Tabela 9: Datas e período de medições, por estação do ano	51
Tabela 10: Atenuação da radiação solar e variação da Trm, por tipo de Palmeira, na primavera/2016	82
Tabela 11: Atenuação da radiação solar e variação da Trm, por tipo de Palmeira, no verão 2016/2017	82
Tabela 12: Atenuação da radiação solar e variação da Trm, por tipo de Palmeira, no outono/2017	83
Tabela 13: Atenuação da radiação solar e variação da Trm, por tipo de Palmeira, no inverno/2017	83
Tabela 14: Atenuação da radiação solar e variação da Trm, conjunto de palmeiras, no verão 2016/2017	84
Tabela 15: Atenuação da radiação solar e variação da Trm, conjunto de palmeiras, no outono/2017	84
Tabela 16: Atenuação da radiação solar e variação da Trm, conjunto de palmeiras, no inverno/2017	84
Tabela 17: LAI – valores horários e média diária	86
Tabela 18: Média PET ao sol e à sombra das palmeiras, nas quatro estações	90
Tabela 19: Atenuação da radiação solar incidente por estação	94
Tabela 20: Correlação entre a média LAI e a Atenuação da Radiação Solar	96

Lista de abreviaturas e siglas

At - Atenuação solar, em porcentagem (%)

CTR - carga térmica radiante

D - Diâmetro do globo (0,04m)

FEC - Faculdade de Engenharia Civil e Arquitetura, UNICAMP.

IAF - Índice de Área Foliar

LAI - Índice de Área Foliar (*Leaf Area Index*)

PET - Temperatura Fisiológica Equivalente

Rad- Radiação solar

S_{sol} - Energia total incidente ao Sol, em kWh/m²

S_{sombra} - Energia total incidente, à sombra, em kWh/m²

SVF - fator de visão do céu

t_a - Temperatura do ar, em °C

t_g - Temperatura de globo, em °C

T_{rm} , T_{rmt} - Temperatura radiante média, em °C

$T_{rm}(sol)$ - Temperatura radiante média na posição Sol, em °C

$T_{rm}(sombra)$ - Temperatura radiante média nas posições de sombra, em °C

Ur - Umidade relativa do ar

v_a - Velocidade do ar, m/s

VT_{rm} - Variação das médias da Temperatura radiante média, em %

ϵ_g - Emissividade do globo (0,95)

t_g - Temperatura de globo, em °C;

SUMÁRIO

1.	Introdução	15
1.1.	Objetivo geral	17
1.2.	Objetivos específicos	17
2.	Arborização urbana.....	20
2.1.	Benefícios da arborização urbana.....	21
2.2.	Vegetação e conforto térmico.....	23
3.	Palmeiras	29
3.1.	Presença de palmeiras na arborização urbana	31
3.2.	Palmeiras e conforto térmico	34
3.3.	Índice de conforto térmico.....	37
4.	Métodos	41
4.1.	Área de estudo	41
4.2.	Caracterização e posicionamento das espécies selecionadas e analisadas	43
4.2.1.	Rabo de Raposa (<i>Wodyetia bifurcata</i> Irvine)	43
4.2.2.	Tamareira (<i>Phoenix dactylifera</i> L.)	44
4.2.3.	Washingtonia (<i>Washingtonia robusta</i> H. Wendl)	45
4.2.4.	Localização das palmeiras isoladas	46
4.2.5.	Conjunto de palmeiras Livistona (<i>Livistona saribus</i> (Loureiro) Merrill ex. A. Chevalier)	48
4.2.6.	Localização do agrupamento de palmeiras.....	49
4.3.	Períodos de análise	51
4.4.	Medições das variáveis ambientais.....	52
4.5.	Método de análise dos resultados	56
4.5.1.	Obtenção da Temperatura radiante média (Trm) e da Atenuação solar (At)	57
5.	Análise dos resultados	59
5.1.	Parâmetros ambientais.....	59
5.1.1.	Temperatura do ar.....	59
5.1.2.	Temperatura de globo.....	64
5.1.3.	Radiação solar.....	67
5.1.4.	Umidade relativa do ar	71
5.1.5.	Velocidade do ar.....	74
5.1.6.	Temperatura radiante média	78
5.1.7.	Atenuação da radiação solar incidente e variação relativa da temperatura radiante média	81
5.2.	Índice de área foliar	85
5.3.	Conforto térmico	86
5.3.1.	Índice PET para as quatro estações do ano	86
5.3.2.	Análise do percentual de conforto térmico pelo índice PET	91
6.	Discussão dos resultados	94
7.	Conclusões.....	99
8.	Referências bibliográficas	100

1. Introdução

A arborização urbana é fundamental para que as cidades sejam sustentáveis. As árvores têm importância no sistema biológico urbano, tanto nos espaços públicos quanto nos privados. Se de um lado as áreas mais artificializadas da cidade, como é o caso dos centros, produzem maiores alterações no clima local, de outro, as áreas que mais se aproximam da natureza, de lugares mais arborizados, apresentam um clima mais ameno. Segundo Cânovas (2014, p.1): “é notória esta diferença quando ficamos em pé sob uma árvore frondosa. Em nada se compara com a sombra de uma marquise onde, apesar do sombreado, o calor e a sensação térmica são intoleráveis”.

Na maioria das cidades, a natureza tem sido sistematicamente eliminada. A vegetação das áreas públicas e privadas tem função prioritariamente estética, e áreas pavimentadas predominam em empreendimentos imobiliários. Nas intervenções paisagísticas empregam-se espécies restritas, raramente utilizando todo o potencial ecológico, com a biodiversidade nativa existente (HERZOG, 2013).

Para que a arborização alcance os propósitos estabelecidos, seja estético, segurança ou conforto térmico, é de suma importância que se conheça as características de espécies arbóreas, tal como sua arquitetura (LORENZI, 1998; ANGELIS NETO *et al.*, 2006).

As palmeiras, entre outras espécies de porte arbóreo, são as plantas mais características da flora tropical, com larga utilização na composição do paisagismo nacional, provocando fascínio por seu porte elegante. São plantas perenes, arborescentes, pertencentes à família *Arecaceae* (antiga *Palmae*), monocotiledôneas, lenhosas, formando um grupo natural de plantas, com morfologia muito característica, que permite a sua identificação sem maiores dificuldades. Elas apresentam desenvolvimento perfeitamente individualizado, caracterizado quanto à forma e aspecto. Atualmente, registra-se a existência de aproximadamente 240 gêneros e 2700 espécies de palmeiras no mundo (LORENZI *et al.*, 2010).

As folhas são os órgãos mais vistosos das palmeiras e apresentam uma grande diversidade de formas (ALVES, 1987): palmadas, pinadas, pinadas com fendilhamento parcial, pinadas bífidas ou bipartidas e bipinadas. Por ser considerada escultural, a palmeira é

uma opção muito utilizada no paisagismo, podendo ser plantada com alturas diversas e com as folhas já formadas, tendo efeito visual imediato (TRINDADE, 2010).

Segundo Alves (1987), as palmeiras têm capacidade de modificar alguns microclimas. Quando agrupadas em áreas extensas, permitem que o vento circule livremente abaixo de sua copa, refrescando ambientes onde a sobrevivência humana seria impossível sem a sua presença.

Na literatura encontram-se pesquisas científicas que tratam sobre o desempenho de diversas espécies arbóreas quanto à atenuação da radiação solar (ABREU e LABAKI, 2010; BUENO-BARTHOLOMEI e LABAKI, 2003; GOMES e AMORIM, 2006; OLIVEIRA *et al.*, 2013). Porém há poucos estudos sobre o efeito das palmeiras nos microclimas urbanos.

Shashua-Bar; Pearlmutter e Erell (2011) realizaram estudo em TelAviv, Israel, comparando três espécies arbóreas quanto ao conforto térmico: o *Ficus retusa*, a *Tipuana tipu* e a palmeira *Phoenix dactylifera* (Tamareira). O gradiente de resfriamento da Tamareira medido no verão em um clima quente e úmido em relação à estação meteorológica foi de 2,1°C a 2,5°C entre 12h e 15h.

Bencheikh e Rchid (2012) compararam o microclima de áreas verdes (palmeiral) ao de áreas edificadas (*Ksur*)¹, em Ghardaia, Argélia. Os resultados apontaram que as temperaturas ao ar livre no centro do palmeiral tiveram um gradiente de 5°C a 10°C menor em comparação à densa área edificada.

Obi e Chendo (2014) avaliaram a influência da vegetação, incluindo duas espécies de palmeiras, para enfrentar o estresse térmico na área urbana de Enugu, Nigéria, localizada na zona de clima tropical úmido, com temperatura média diária de 26,7°C, durante todo o ano. A Tamareira apresentou temperatura radiante média de 25°C e o Coqueiro apresentou 26°C, sob a copa.

Em Hong Kong, em estudo mais recente, Kong; Lau e Yuan (2017) selecionaram árvores em três grupos: copa densa, copa esparsa e palmeiras, e analisaram a influência de cada grupo sobre a temperatura do ar, a temperatura radiante média e a velocidade do ar.

¹aldeias fortificadas caracterizadas por edifícios compactos e ruas muito estreitas.

Relataram que não houve resfriamento significativo das calçadas onde estão plantadas palmeiras jovens. O efeito de resfriamento foi de 0,5°C apenas em alguns pontos. As palmeiras apresentaram baixo desempenho na redução de temperatura radiante média (T_{mrt}), com valores de 0,2°C em espaços abertos e 0,1°C em regiões mais adensadas.

No Brasil, a pesquisa de Weirich *et al.* (2015) destaca que as palmeiras são bastante ornamentais e apropriadas ao paisagismo, mas para a arborização urbana, proporcionam pouca sombra sem, porém, quantificá-la.

Nota-se que os resultados dos trabalhos são semelhantes e há consenso entre os pesquisadores quanto à capacidade de arrefecimento das palmeiras analisadas, devido à sombra e evapotranspiração. Quando agrupadas, o potencial aumenta, e podem representar uma estratégia bioclimática para microclimas urbanos mais confortáveis.

Nesse contexto, a motivação da pesquisa foi quantificar a capacidade de atenuação térmica proporcionada por diferentes espécies de palmeiras e demonstrar as possibilidades de seu uso na construção da paisagem urbana.

1.1. Objetivo geral

O objetivo desta pesquisa é avaliar o comportamento de quatro espécies de palmeiras quanto à atenuação solar e sua influência no conforto térmico em áreas urbanas, em região de clima tropical de altitude.

1.2. Objetivos específicos

Os objetivos específicos desta pesquisa são:

- Avaliar o potencial de redução dos efeitos térmicos para diferentes espécies de palmeiras isoladas e em agrupamento;

- Verificar a configuração de plantio e a distribuição das espécies em;
 - indivíduos isolados;
 - agrupamento.
- Comparar as espécies selecionadas em relação às outras espécies avaliadas em estudo efetuado por Bueno (1998), Bueno-Bartholomei (2003) e Abreu-Harbach, Labaki e Matzarakis (2015);
- Preencher uma lacuna existente nos estudos sobre utilização das palmeiras.

A dissertação está organizada da seguinte forma:

No primeiro capítulo introduz-se, define-se os objetivos da pesquisa e expõe-se a organização da dissertação. No segundo capítulo apresenta-se as considerações sobre arborização urbana e a vegetação que integra a paisagem das cidades, mostrando-se os benefícios que esta proporciona aos espaços em que está inserida e a sua influência na melhoria do conforto térmico e da qualidade de vida da população.

No capítulo seguinte comenta-se sobre as palmeiras e a relevância da presença dessa família botânica na arborização urbana. Traça-se considerações sobre as palmeiras e alguns estudos sobre o conforto térmico propiciado por elas e apresenta-se três índices de conforto térmico.

A seguir, o quarto capítulo contém os métodos, a descrição da área de estudo, a caracterização das espécies selecionadas e analisadas, a seleção dos locais de medição, o período analisado, as medições das variáveis ambientais e o método de análise dos resultados.

O capítulo 5 expõe a análise dos resultados dos parâmetros ambientais, índice de área foliar e conforto térmico, cuja discussão aparece no capítulo 6.

Nas conclusões, no sétimo capítulo, procura-se demonstrar a influência das palmeiras no microclima pelo método da atenuação de radiação solar, a partir da avaliação das medições e dos resultados obtidos.

Assim, com este trabalho, espera-se contribuir com o conhecimento de algumas espécies de palmeiras quanto ao seu papel como mitigador da radiação solar e como agente responsável por favorecer o conforto térmico em ambientes externos.

2. Arborização urbana

A arborização urbana, compreendida como a vegetação que integra a paisagem das cidades, é essencial para o meio ambiente, além de propiciar uma melhoria da qualidade de vida e do bem-estar da população. Ela é composta por árvores, por espécies de porte arbóreo tais como palmeiras e similares, localizadas em parques, jardins, vias públicas, terrenos particulares e em todos os espaços verdes urbanos (FERRAZ e BENDINI, 2009).

As árvores ou as espécies arbóreas plantadas nas ruas, avenidas, canteiros centrais, calçadas, rotatórias, trevos, vias de parques, ciclovias e caminhos compõem a arborização viária (CEMIG, 2011).

Segundo Santos e Teixeira (2001), dentre os benefícios da arborização de vias públicas estão: a redução dos níveis de ruído; a melhoria da qualidade do ar por meio da retenção de partículas, da absorção e reciclagem dos gases; o equilíbrio ambiental e o conforto térmico.

Para Trowbridge e Bassuk (2004), a arborização urbana pode proporcionar uma redução significativa da sobrecarga dos sistemas de drenagem de águas pluviais urbanas, contribuindo com a redução da velocidade da água das tempestades e auxiliar no processo de infiltração da água no solo.

A presença de áreas verdes urbanas cumpre ainda funções socioambientais, e o critério de escolha, distribuição, localização e densidade da vegetação a ser implantada fortalece os efeitos da urbanização para a sociedade e ressalta sua importância na regulação microclimática.

Segundo Dantas e Souza (2004), a arborização, do ponto de vista estético, contribui por intermédio de suas qualidades plásticas para reduzir o efeito agressivo das construções que dominam a paisagem urbana, guarnece e emoldura ruas e avenidas.

As árvores, os arbustos e outras plantas menores e no seu conjunto constituem elementos da estrutura urbana. Caracterizam os espaços da cidade por suas formas, cores e modo de agrupamento; são elementos de composição e de desenho urbano ao contribuir para organizar, definir e até delimitar esses espaços. (MASCARÓ e MASCARÓ, 2005, p.13)

2.1. Benefícios da arborização urbana

O tratamento paisagístico e a arborização adequados intensificam o uso dos espaços públicos. As praças públicas, os jardins, os parques e os espaços livres públicos de uso coletivo são valorizados, nas cidades contemporâneas, pelos benefícios físicos e sociais trazidos à população. Segundo Maciel (2007), as praças públicas são espaços raros e escassos, nas quais o recreio, o lazer e a sociabilidade opõem-se ao trabalho, à vida agitada e às atividades repetitivas. Quando localizadas em zonas residenciais oferecem ambientes recreativos, educacionais e culturais como se fossem extensões das casas. Os espaços livres públicos de uso coletivo, quando situados em zonas comerciais e industriais, adquirem características referentes à pureza e à saúde, sendo um fator terapêutico e de bem estar para o local. Amenizam a poluição visual, sonora e de partículas e contrastam com os espaços edificados.

Conforme Biondi; Batista e Ferreira, (1990); Detzel, (1990), a arborização urbana proporciona oportunidade de maior aproximação à comunidade envolvida, aconchego e relacionamento com os semelhantes.

A vegetação exerce uma função benéfica à condição psicológica da população urbana (MELLO FILHO, 1985).

Segundo Selhub e Logan (2012) as pessoas estão propensas a sentirem-se bem quando estão em contato com a vegetação urbana, e o bem estar que decorre desta aproximação com a natureza está associado à redução de estresse, ao favorecimento da concentração e à melhora do humor.

Estudos demonstram os benefícios humanos resultantes de várias formas de reestruturação ecológica no planejamento urbano, entre eles, o plantio de árvores nas cidades. Salmond; Tadaki e Vardoulakis (2016) mostram em uma tabela adaptada de Gómez-

Baggethun E, Barton DN. (2013), (Tabela 1), uma gama de ESS (serviços ecossistêmicos) exclusivos para ambientes urbanos, na qual se destaca como a infraestrutura verde urbana pode proporcionar benefícios à saúde humana.

Tabela 1: Benefícios relevantes dos serviços ambientais urbanos para a saúde humana

Classe de serviço	Benefícios
Serviços de provisão	Suprimento de comida, suprimento de água
Serviços de regulação e benefícios de saúde relacionados	Relação de temperatura urbana, redução de ruído, melhoria da qualidade do ar, moderação dos climas extremos, redução de escoamento, tratamento de esgoto, polinização, controle de pragas, dispersão de sementes, regulação do clima global
Serviços de suporte (habitat)	Habitat para a biodiversidade
Serviços culturais	Recreação, benefícios estéticos, desenvolvimento cognitivo, valorização do espaço e convivência social

Fonte: Salmond *et al* (2016) adaptada de Gómez-Baggethun E, Barton DN, (2013)(tradução nossa)

Observa-se que os serviços de ecossistemas urbanos são relevantes para a saúde humana e que esta tem relação com os fatores do clima e do conforto térmico.

Para Maciel (2007), a arborização urbana é um fator primordial para o bem estar físico e social nas cidades, nas quais, de acordo com Raupp; Cumming e Raupp (2006), a adaptabilidade das espécies às condições urbanas é fator tão importante quanto a diversificação da composição. Escolhas inadequadas podem ocasionar efeitos não desejados na paisagem urbana, tais como altos custos de manutenção, riscos à segurança, danificação de pavimentos, além da proliferação de insetos e fungos (DANTAS e SOUZA, 2004).

Nesse cenário, a arborização urbana deve respeitar o planejamento especificado e seguir projetos definidos que atendam às necessidades da área quanto à mobilidade e à segurança dos usuários (FARIA; MONTEIRO e FISCH, 2007). Quando bem planejado e executado, o projeto de arborização evidencia diversos benefícios, por exemplo, a valorização imobiliária, a estabilização do solo, o conforto térmico. A organização dos espaços urbanos, além de desempenhar papel de suma importância na preservação da fauna, amplia sua importância ecológica, (CEMIG, 2011).

Desta forma, o planejamento da arborização no meio urbano exige um processo cuidadoso que analise os procedimentos desde sua concepção até sua implantação e manutenção (CEMIG, 2011). Essas atividades estão sob a responsabilidade do poder público, entretanto, frequentemente algumas etapas são preteridas, em função da implantação da infraestrutura urbana (BORTOLETO; SILVA FILHO e LIMA, 2006). Assim sendo, avaliações periódicas e intervenções ambientais são necessárias para que a cidade e os cidadãos estejam bem relacionados, a fim de que se mantenha um ecossistema equilibrado sob o ponto de vista biofísico e social.

2.2. Vegetação e conforto térmico

O estudo das árvores no meio urbano constitui um campo de atividade científica que envolve diversas áreas. Projetos interdisciplinares são fundamentais para compreensão do elemento vegetal arbóreo e sua inserção no tecido urbano, e envolvem atividades paisagísticas, particularidades agroflorestais, biologia, geografia, sociologia urbana, arquitetura e urbanismo e estudos de conforto térmico.

Diferenças térmicas entre a área urbana e a rural já foram matéria de muitos estudos urbanos (OKE, 1978; LOMBARDO, 1985), nos quais se verificou o predomínio de temperaturas amenas e umidade mais elevada em áreas distantes do centro, nos limites urbanos e/ou na área rural, espaços notadamente menos transformados.

Grey e Deneke (1978) afirmam que os benefícios da floresta urbana podem ser divididos basicamente em quatro grupos: melhora climática; usos de engenharia; proveitos arquitetônicos e ganhos estéticos.

No campo das alterações climáticas, várias pesquisas relacionadas à vegetação urbana vêm sendo publicadas com objetivo de associá-la com a melhoria do clima local e o aumento do conforto térmico (ABREU, 2012; BUENO, 1998; BUENO-BARTHOLOMEI, 2003; KRÜGER *et al.*, 2012; MINELLA; ROSSI e KRUGER, 2011; MORENO, 2006; PEZZUTO, 2007). Monteiro *et al.* (2003, p.110) definem que “a vegetação, enquanto fator climático, manifesta sua influência em todas as escalas de grandezas climáticas, tendo

implicações desde a formação do questionável efeito-estufa planetário até a derivação de ambientes microclimáticos naturais, rurais ou urbanos”.

Nos centros urbanos, a vegetação é um elemento importante que contribui significativamente para o equilíbrio do balanço de energia. A vegetação de porte arbóreo pode ser utilizada para barrar a radiação solar incidente e propiciar alteração de variáveis climáticas, como influenciar de maneira importante os níveis de umidade do ar, atuando sobremaneira na mitigação da temperatura radiante, gerando inúmeros benefícios. A vegetação urbana é capaz de melhorar a qualidade do ar e atenuar o calor do meio urbano (MOREIRA, 2010; SHINZATO, 2009).

Na escolha das espécies, deve-se considerar alguns critérios para estabelecer quais seriam as mais indicadas para melhorar as condições ambientais do lugar. Alguns fatores importantes que evidenciem a capacidade de atenuação solar das árvores, como espécie, ritmo e exigências para o crescimento, tipo de copa, porte, folhagem devem ser analisados na definição do planejamento arbóreo. Outros critérios, na infraestrutura urbana, devem ser observados. A largura da calçada, a fiação elétrica, o clima, o solo e a umidade da localidade são variáveis que se mostram importantes na avaliação e nos procedimentos de seleção da espécie botânica (SILVA, 2005).

Amir e Misgav (1990) expõem que, no planejamento da arborização, deve-se levantar a caracterização física de cada rua para definição dos critérios que condicionam a escolha das espécies mais adequadas a cada região, a saber: o aspecto visual e espacial, definindo o tipo de árvore que melhor se adéqua ao local, em termos paisagísticos; as limitações físicas e biológicas que o local impõe ao crescimento das árvores (Amir e Misgav² apud Dantas e Souza (2004)).

Segundo Rivero (1986) a vegetação absorve 90% da radiação visível e 60% da infravermelha, sendo que o restante é transmitido entre as folhas ou refletido. Conforme Furtado (1994), a vegetação fornece o resfriamento do ambiente por meio de dois mecanismos: no primeiro a sombra proporcionada pela vegetação reduz a conversão de energia radiante em calor sensível, e dessa forma reduz as temperaturas das superfícies

² AMIR, S.; MISGAV, A. A framework for street tree planning in urban areas in Israel. **Landscape and Urban Planning**. Amsterdam: Elsevier, 1990.

sombreadas. O segundo mecanismo é a evapotranspiração da superfície da folha, que resulta em resfriamento da mesma e do ar adjacente devido à troca de calor latente.

A utilização da vegetação para sombreamento, além de proporcionar espaços de permanência agradáveis, possibilita a economia de energia. Uma das vantagens complementares ao plantio de árvores em locais adjacentes a edificações é a redução da necessidade de utilização de ar condicionado (BANDEIRANTE, 2010).

O comportamento das espécies arbóreas é afetado pelas diferenças nas condições de crescimento e nas características das árvores (Bueno-Bartholomei e Labaki 2003; Shashua-Bar *et al.*, 2010).

A forma da copa das árvores e seu tamanho determinam a área sombreada, que varia de acordo com a espécie, com a estação do ano e ao longo dos anos (MACEDO e MESQUITA, 1989; MASCARÓ; GIACOMIN e CUADROS, 2007).

A área foliar está relacionada diretamente com a quantidade e com a forma de folhas da vegetação. Ao ser interceptada pelo dossel, a radiação solar é absorvida, transmitida e refletida em proporções variáveis, dependendo do ângulo de incidência dos raios solares e das características estruturais das plantas. A medida da cobertura vegetal pode ser representada pelo índice de área foliar (LAI), uma grandeza adimensional que quantifica a razão entre a área foliar total e a área do solo (KERBAUY, 2008).

A presença de arborização de vias pode modificar as temperaturas interiores, protegendo os edifícios e reduzindo significativamente o risco de sobreaquecimento no interior. Também pode beneficiar a saúde humana em locais onde os recursos econômicos não estão disponíveis para arrefecer os edifícios ou até reduzir a demanda de energia para a construção de refrigeração. Um estudo de Salmond; Tadaki e Vardoulakis (2016) mostra que a sombra da árvore pode reduzir as temperaturas da parede em 9°C e as temperaturas do ar em até 1°C.

Nos maciços arbóreos, a copa das árvores reduz significativamente a quantidade de radiação solar direta que chega à superfície e é por ela absorvida (ANDRADE; VIEIRA, 2007). Por sua vez, parte desta radiação é utilizada na evapotranspiração, o que conduz a um

aumento do fluxo de calor latente em detrimento da libertação de calor sensível pela superfície, reduzindo assim a temperatura do ar (processo de arrefecimento evaporativo) (SPRONKEN-SMITH; OKE, 1998).

Os agrupamentos arbóreos maciços podem apresentar diversas funções segundo Mascaró (2005). Do ponto de vista ambiental, na utilização de maciços heterogêneos, com formatos variados de copa e alturas distintas, pode-se obter sombreamento e o efeito de barreira de vento, ou sombreamento com passagem de brisa. Nos agrupamentos homogêneos, quando as copas têm a mesma altura e espaço em relação ao solo, o vento passa através do maciço. O sombreamento é mais uniforme e seu efeito está relacionado com a transmitância e a permeabilidade ao vento da espécie definida.

No entanto, os espaços verdes urbanos não estão distribuídos de maneira regular e os efeitos de árvores e cobertura do solo com vegetação podem estar concentrados em manchas distintas, tais como parques, pátios ou ruas arborizadas, criando o efeito “ilha de frescor” ou “Park Island cool” que foi identificada em vários estudos, com reduções na temperatura do ar de até 3-4°C, observado ao meio-dia, durante o verão, no caso de árvores em ruas e parques (OKE, 1989; SPRONKEN-SMITH; OKE, 1998)

Bueno (1998) e Bueno-Bartholomei (2003) compararam a Sibipiruna (*Caesalpinia peltophoroides*), o Jatobá (*Hymenaea courbaril*), a Chuva de Ouro (*Cássia fistula*), a Magnólia Amarela (*Michelia champacca*), o Ipê-Roxo (*Tabebuia impetiginosa*), a Cássia (*Cassia spectallis*), a Aroeira Salsa (*Schinus molle*), a Pata-de-vaca (*Bauhinia variegata*), o Jambolão (*Syzygium cumini*), o Fícus (*Fícus benjamina*), o Sombreiro (*Clitoria fairchildiana*) com e sem folhas, o Cedro-rosa (*Cedrela fissilis*) com e sem folha. Os desempenhos de atenuação solar encontrados foram, respectivamente, 88,5%, 87,2%, 87,3%, 82,4%, 75,6%, 88,6%, 73,6%, 81,7%, 92,8%, 86,3%, 78,6% (com folhas) e 70,2% (sem folhas), 75,6% (com folhas) e 29,9% (sem folhas).

Abreu (2008) comparou as espécies Ipê-Amarelo (*Tabebuia chrysotricha* (Mart. ex DC) Stand.), Jacarandá (*Jacaranda mimosaeifolia* D. Don.), Jambolão (*Syzygium cumini* L.), Mangueira (*Mangifera indica* L.) e agrupamento de Chuva de Ouro (*Senna siamea* L.). Os resultados de atenuação solar obtidos foram: Jambolão (*Syzygium cumini* L.) com 89,1%, seguido pela Mangueira (*Mangifera indica* L.) com 88,6% de atenuação, o agrupamento de

Chuva de Ouro (*Senna siamea* L.) com 70,9% e o Jacarandá (*Jacaranda mimosaeifolia* D. Don.) com 63,8%. Já o Ipê-Amarelo (*Tabebuia chrysotricha* (Mart. ex DC.) Stand.), espécie decídua, indica uma boa atenuação da radiação na época com folhas, 81,7%; e na época sem folhas apresenta a menor, 46,1%.

Abreu-Harbach; Labaki e Matzarakis (2015) pesquisaram o comportamento de várias espécies de árvores, com projetos de plantio individual ou em aglomerados para áreas urbanas nos trópicos. Doze espécies foram analisadas: Ipê amarelo do cerrado (*Handroanthus chrysotrichus* (Mart. Ex A.DC) Mattos), Jacarandá mimoso (*Jacaranda mimosaeifolia* D. Don), Jambolão (*Syzygium cumini* L.), Mangueira (*Mangifera indica* L.), Pinheiro (*Pinus palustris* L.), Pinheiro (*Pinus coulteri* L.), Dedaleiro (*Lafoensia glyptocarpa* L.), Sibipiruna (*Caesalpinia pluviosa* F.), Bisnagueira (*Spathodea campanulata* P. Beauv.), Tipuana (*Tipuana tipu* F.), Flamboyant (*Delonix indica* F.) e Chuva de Ouro (*Senna siamea* L.). Os resultados mostram que o sombreamento das árvores pode influenciar significativamente o conforto térmico humano expresso em (PET). Para as espécies *P. palustris* e *P. coulteri* a radiação solar atenuada foi, respectivamente, 79,7 e 83,8% durante o verão e 69,8 e 78,3% durante o inverno. Para *S. cumini* e *M. indica*, espécies de copa densa, os resultados de atenuação da radiação solar no verão foram de 87,2 e 89,2%, e 89,1 e 88,6% durante o inverno, respectivamente. As espécies nativas semi decíduas como *J. mimosaeifolia*, *L. glyptocarpa* e *C. pluviosa* têm uma cobertura média-grande e altos efeitos de resfriamento em termos de conforto térmico, especialmente durante o verão. A *C. pluviosa* pode atenuar a radiação solar em 83,8% no verão e 69,5% durante o inverno. As espécies *Handroanthus chrysotrichus*, *S. campanulata* e *T. tipu* são caracterizadas pela variação das folhas na copa ao longo de um ano. Nativa, a espécie *Handroanthus chrysotrichus*, a atenuação da radiação solar é de 82,8% no verão e de 46,4% no inverno. Quando sem folhas, esse valor cai para 51,4%. Nas espécies exóticas (*S. campanulata* e *T. tipu*) a atenuação da radiação solar durante o verão foi de 76,3% e, durante o inverno, foi de 55%. Para os grupos de árvores, durante o verão, os resultados da atenuação da radiação solar para *C. pluviosa*, *T. tipu*, *D. indica* e *S. siamea* foram 94,8, 80,2, 73,5 e 89,2%, respectivamente. Durante o inverno, os resultados de atenuação da radiação solar para *C. pluviosa*, *L. glyptocarpa*, *S. campanulata* e *D. indica* foram 92,5, 76, 82,4 e 72,3%, respectivamente. A espécie *C. pluviosa* apresentou os melhores resultados em termos de PET, para as formações individuais e agrupadas.

Silva *et al.* (2001) avaliaram a qualidade térmica das sombras proporcionadas pelas seguintes espécies arbóreas: Sapateiro (*Pera glabrata*); Pau pereira (*Platycyamus regnellii*); Copaíba (*Copaifera langsdorffii*); Orelha de preto (*Enterobium contortisiliquum*); Angico (*Anadenanthera macrocarpa*), utilizando os dados climáticos e os índices de conforto térmico. Os registros foram realizadas no inverno, de 22 de julho a 30 de agosto de 2000, de modo a avaliar se, na latitude do local (21° 57' 02" S), sob a copa das árvores, devido a redução das temperaturas, a sombra pode não oferecer condições de conforto. O estudo incluiu espécies decíduas (Pau Pereira, Orelha-de-preto e Angico) e perenes (Sapateiro e Copaíba), de forma a contemplar os dois tipos mais extremos de comportamento fenológico. Os resultados indicaram que o Sapateiro apresenta maior redução da carga térmica radiante (19,9%), seguido do Pau Pereira com 14,5%, da Copaíba com 14,4%, da Orelha-de-preto com 13,4%; em último ficou o Angico (10,0%). Como o propósito do experimento era definir qual espécie proporcionava menor redução da carga térmica radiante no inverno, foi recomendada, para cidades próximas da latitude estudada, a árvore Angico.

Os efeitos positivos da arborização de vias durante o dia no verão precisam ser contrabalançados pelos impactos inverniais, principalmente nas regiões com invernos mais rigorosos. Segundo Silva; Ribeiro e Santana (2014), temperaturas muito baixas ou elevadas representam riscos à saúde pública. Salmond; Williams e Laing (2013) relatam que, embora os efeitos sobre a saúde com o aumento do calor sejam prejudiciais, a maioria das mortes causadas pela temperatura em áreas urbanas em todo o mundo está associada ao frio em vez de ao calor. Portanto, uma queda na temperatura ambiente durante o inverno causada pelo sombreamento de árvores de rua sempre verdes pode ter um efeito negativo sobre a saúde em países de clima frio. A redução dos níveis de luz no tempo de inverno também pode ter um impacto sobre a saúde mental para indivíduos sensíveis ao transtorno afetivo sazonal (Seasonal Affective Disorder). Maior sombreamento também pode resultar em temperaturas internas mais baixas, aumentando o mofo e a umidade dentro dos edifícios, tendo como consequência o aumento do consumo de energia para o aquecimento do edifício no inverno.

Nessa circunstância, para maximizar os efeitos benéficos para a saúde e a qualidade de vida das comunidades, é necessário adotar medidas para que o planejamento e a implantação efetivos de arborização de vias e espaços públicos tenham vegetação adequada, visando à melhoria do ambiente urbano, em particular o conforto térmico.

3. Palmeiras

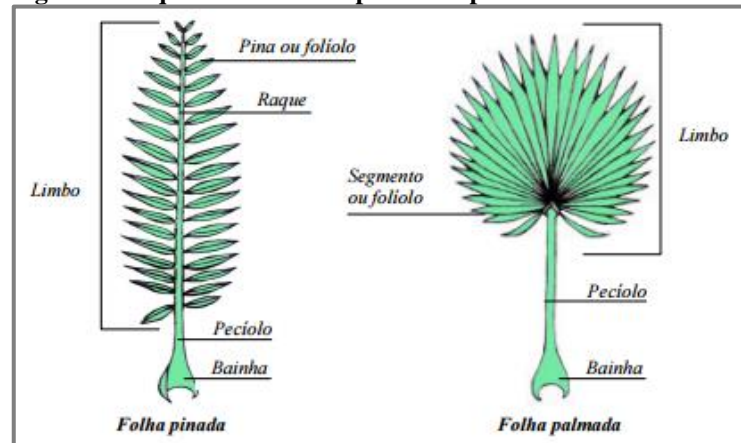
As palmeiras são plantas perenes, arborescentes, pertencentes à família *Arecaceae*, anteriormente denominada *Palmae*.

São plantas monocotiledôneas, lenhosas, formando um grupo natural de plantas, com morfologia muito característica, que permite, mesmo aos mais leigos, a sua identificação sem maiores dificuldades.

As palmeiras apresentam desenvolvimento perfeitamente individualizado, caracterizado quanto à forma e ao aspecto. Como a maioria das plantas, possuem raízes, estipe³, folhas e produzem flores, frutos e sementes (LORENZI *et al.*, 2010). São as plantas mais características da flora tropical, elementos importantes na composição do paisagismo nacional, sendo consideradas as aristocratas do reino vegetal, provocando fascínio por seu porte elegante e altaneiro.

As folhas são os órgãos mais vistosos das palmeiras e apresentam uma grande diversidade de formas (ALVES, 1987): palmadas, pinadas, pinadas com fendilhamento parcial, pinadas bífidas ou bipartidas e bipinadas. Por ser considerada escultural, a palmeira é uma opção muito utilizada no paisagismo, podendo ser plantada com alturas diversas e com as folhas já formadas, tendo efeito visual imediato (TRINDADE, 2010). A Figura 1 apresenta o esquema das folhas palmadas e pinadas de uma palmeira.

³ Os caules ou troncos das palmeiras recebem nome próprio de estipe ou estípite, Sodré (2005).

Figura 1: Esquema das folhas pinadas e palmadas

Fonte: Sodré (2005).

A importância ornamental e o notável valor econômico das palmeiras têm despertado o interesse de pesquisadores, pela singularidade apresentada por esta família de plantas (ALVES, 1987).

Segundo Lorenzi *et al* (2010), há inteira liberdade na composição com várias espécies de palmeiras para áreas externas, tirando proveito do contraste de fatores ornamentais que cada uma possui, como extensa gradação na altura, porte e textura; estipes colunares lisos e estipes bojudos, revestidos de fibra ou pelos com os remanescentes das folhas já caídas; folhas em leque, planas, armadas, pinadas, crespas, arqueadas ou rijas com inúmeros tons de verde, cinza-azulado ou amarelo-alaranjado.

Do ponto de vista econômico, inúmeras espécies podem ser utilizadas na alimentação humana, como Palmito Jussara (*Euterpe edulis* Mart.), Palmito Açaí (*Euterpe oleracea* Mart), Óleo de Dendê (*Elaeis guineensis* Jacq), Babaçu (*Attalea brasiliensis* Glassman) e Coqueiro (*Cocos nucifera* L.), que é utilizado também como bebida. O Buriti (*Mauritia flexuosa* L.) pode ser fermentado (entre outras formas de consumo), dando origem ao vinho de buriti (FERNANDES, 2011). A palmeira também constitui fonte de fibras para indústria e madeira para construção civil.

Atualmente, registra-se a existência de aproximadamente 240 gêneros e 2700 espécies⁴ de palmeiras no mundo (LORENZI *et al*, 2010). A maior concentração de espécies está na região da linha do Equador. No Brasil, o número de espécies encontradas naturalmente é muito contraditório, dependendo dos autores.

Apesar das palmeiras serem muito utilizadas na arborização urbana e no paisagismo de áreas privadas, observa-se a presença de um número reduzido de espécies. O conhecimento de uma gama maior de espécies, e seus benefícios específicos para a aplicação adequada aos resultados esperados, é desejado para o domínio na execução de projetos (LORENZI, 2008).

De acordo com Lorenzi *et al.* (1996), com o conhecimento de diferentes espécies de palmeiras, pode-se distribuir os indivíduos de maneira que o número e porte das espécies sejam ajustados à área disponível, evitando-se plantas de grande porte em espaços reduzidos, de porte alto sob fiação, com espinhos próximas a passagens, plantas que causam reações alérgicas em parques e locais de grande permanência, ou seja, causando incompatibilidade entre as palmeiras e o lugar de plantio, ocasionando sua eliminação, na maior parte das vezes. No entanto, quando bem utilizadas, pode-se empregá-las para a criação dos muitos efeitos desejados.

A visita a uma coleção rica em espécies permite que projetos sejam concebidos com integração ao meio ambiente, procurando preservar a mata nativa, respeitando a legislação ambiental vigente.

3.1. Presença de palmeiras na arborização urbana

Desde o início da colonização do Brasil muitas espécies arbóreas foram trazidas de outros países para compor a arborização urbana. Segundo Lorenzi (2008), o plantio de espécies nativas em nossas cidades é uma prática insignificante. Acredita-se que mais de 80% das espécies presentes em nossas praças, ruas e parques são da flora exótica.

⁴ O nome botânico de uma planta é formado principalmente por duas palavras: a primeira refere-se ao Gênero a que a planta pertence e, a segunda, especifica a planta dentro do Gênero onde está integrada; além de uma terceira ou mais que designa o nome do autor da espécie (LORENZI, 2010, p. 9).

Interessante ressaltar que a grande maioria da nossa flora se adéqua ao plantio em áreas urbanas, entretanto as que apresentam porte muito elevado, sistema radicular encorpado, galhos quebradiços ou frutos muito grandes, necessitam cuidados na escolha do local de plantio, para que não haja conflitos como: raízes sem espaço para se desenvolverem, copas e raízes volumosas em calçadas estreitas, árvores e palmeiras altas sob fiação, evitando assim problemas futuros.

Para contribuir com um resultado bem sucedido e adequado à arborização urbana, pode-se fazer uso de inúmeras ferramentas, dentre elas o inventário arbóreo, que pode ter como propósito conhecer o patrimônio arbóreo; definir uma política de administração a longo prazo; estabelecer previsões orçamentárias para o futuro; preparar um programa de gerenciamento das árvores; identificar necessidades de manejo; definir prioridades nas intervenções; localizar áreas para o plantio; detectar árvores com necessidades de tratamento ou renovação; utilizar a árvore como vetor de comunicação; funcionar, ainda, como instrumento de persuasão e esclarecimento aos administradores e usuários do local inventariado (MOTTA, 1998).

Como se pode verificar, os objetivos gerais da realização de um inventário arbóreo podem ser diversos, porém para esta pesquisa foram analisados inventários com abordagens quantitativas. Foram pesquisados os inventários arbóreos de cidades brasileiras, em diversos estados, nos quais pode-se verificar o número de palmeiras presentes na arborização urbana de ruas e praças. A importância das amostragens selecionadas consiste em demonstrar a relevância no percentual de palmeiras encontrado nas áreas urbanas, especificamente nos espaços públicos (Tabela 2).

Tabela 2: Percentual de palmeiras em áreas urbanas

Cidade	Total de indivíduos	Tipo de planta	%	Data do levantamento	Referências
Vinhedo -SP	764	Árvores	62,83	04/2002 e 05/2002	Harder (2002)
		Arecaceae	37,17		
Ribeirão Preto-SP	161	Árvores	65,22	04/2010	Romani <i>et al.</i> (2012)
		Arecaceae	34,78		
Neópolis-Natal-RN	498	Árvores	69,28	08/2014 a 09/2015	Silva C.D.D.; Almeida,L.M. (2016)
		Arecaceae	30,72		
Cáceres-MT	231	Árvores	71,8	08/2009 e 09/2009	Assunção <i>et al.</i> (2014)
		Arecaceae	28,2		
Recife-PE	2808	Árvores	74,32	06/2005 a 02/2006	Silva; Meunier e Miranda (2007)
		Arecaceae	25,68		
Itanhaem-SP	1265	Árvores	75	Publicação 2017	Maria, T. R. B. C. <i>et al.</i> (2016)
		Arecaceae	25		
Irati-PR	615	Árvores	76,10	01/09/2008 a 28/09/2008	Schallenberger, L.S. <i>et al.</i> (2010)
		Arecaceae	23,90		
Taubaté-SP	415	Árvores	77,61	Publicação 2009	Minhoto; Monteiro e Fisch (2009)
		Arecaceae	22,39		
Santa Maria-RS	2465	Árvores	79,59	01/2010 a 04/2010	Andreatta <i>et al.</i> (2011)
		Arecaceae	20,41		
Petrolina-PE	3130	Árvores	85,2	02/2009 a 05/2009	Oliveira, U. R. <i>et al.</i> (2009)
		Arecaceae	14,8		
Sorocaba-SP	51.908	Árvores	86	11/2011 a 08/2012	Cardoso-Leite, E. <i>et al.</i> (2014)
		Arecaceae	14		
Guarapuava-PR	205	Árvores	86,83	Lev.aerofoto.1996+ atualiz-public.2010	Oliveira Filho, P. C.; Silva, S. V. K.(2010)
		Arecaceae	13,17		
Goiandira-GO	1440	Árvores	89,3	2010	Pires, N. A. M. T. <i>et al.</i> (2010)
		Arecaceae	10,7		
Colíder e Matupá-MT	119	Árvores	92,44	01/2008 a 06/2008	Almeida, D. N.; Rondon Neto, R. N.(2010)
		Arecaceae	7,56		
Colorado-RS	483	Árvores	92,75	03/2009 a 07/2009	Raber, A. P., Rebelato, G. S (2010)
		Arecaceae	7,25		
Guarapuava-PR-Praças	1143	Árvores	94,23	01/2007 a 03/2009	Kramer, J. A., Krupek, R. A. (2012)
		Arecaceae	5,77		
Timon-MA	2319	Árvores	94,28	03/2013 a 07/2013	Moraes, L.A.; Machado, R.R.B. (2015)
		Arecaceae	5,72		

De acordo com os trabalhos analisados, pode-se observar um percentual elevado da família *Arecaceae* em diversas cidades brasileiras, demonstrando a grande representatividade das palmeiras na arborização urbana.

3.2. Palmeiras e conforto térmico

Segundo Alves (1987), as palmeiras têm capacidade de modificar alguns microclimas. Quando agrupadas em áreas extensas, permitem que o vento circule livremente abaixo de sua copa, refrescando ambientes onde a sobrevivência humana seria impossível sem a sua presença. Em seu estudo ele não quantifica, mas cita que a copa absorve a radiação solar, impedindo o aquecimento excessivo do solo e do ar.

Como observado na introdução, encontram-se poucos estudos sobre o comportamento das palmeiras quanto ao conforto térmico e ao efeito que conferem aos microclimas urbanos.

Para Shashua-Bar *et al.* (2010), o arrefecimento urbano é atribuído à evapotranspiração e tem relação com a área total de vegetação e os edifícios de seu entorno, geometria e regime de vento. O seu estudo realizado na cidade de TelAviv, em Israel, comparou três espécies de porte arbóreo quanto ao conforto térmico: o *Ficus retusa*, a *Tipuana tipu* e a palmeira *Phoenix dactylifera* (Tamareira). O efeito de resfriamento da Tamareira medido no verão, em um clima quente e úmido, em relação à estação meteorológica, foi de 2,1°C a 2,5°C entre 12h e 15h. Portanto, as palmeiras se apresentaram adequadas à atenuação da radiação solar e ao sombreamento nas horas próximas ao meio dia. Interessante ressaltar que a pesquisa caracterizou o efeito do sombreamento das plantas por meio de indicadores externos e de fatores inerentes às árvores, como as características morfológicas, que definem a área de abrangência da copa e de seu sombreamento.

As palmeiras foram estudadas também em Ghardaïa, Argélia por Bencheikh e Rchid (2012) que compararam o microclima de áreas verdes (palmeiral) ao de áreas edificadas (*Ksur*), por meio de medições de campo realizadas no verão. Os resultados apontaram que as temperaturas ao ar livre, no centro do palmeiral, foram inferiores de 5°C a 10°C, em comparação à densa área edificada.

Obi e Chendo (2014) avaliaram a influência da vegetação para enfrentar o problema do estresse térmico e desconforto entre os moradores na área urbana de Enugu, Nigéria, localizada na zona de clima tropical úmido, com temperatura média diária de 26,7°C,

durante todo o ano. A Tamareira apresentou temperatura radiante média de 25°C sob sua copa e o Coqueiro, apresentou 26°C. Os dados de temperatura resultantes foram analisados para avaliar o nível de conforto em Enugu, utilizando o Índice Bioclimático postulado por Tzenkova; Kandjou e Ivancheva (2000) que em sua classificação, apontou: “acima de 50% da população sente desconforto”.

Em Hong Kong, em estudo recente, Kong *et al.* (2017) selecionaram árvores em três grupos, com base nas suas características de dossel: copa densa, copa esparsa e palmeiras. Analisaram a influência sobre a temperatura do ar (T_a), a temperatura média radiante (T_{mrt}) e a velocidade do vento (V) de cada grupo, com base em estudos anteriores e em simulação efetuada no período de junho a agosto de 2009. Os valores médios foram obtidos com a média de todos os valores de T_{mrt} . Utilizando o modelo RayMan, calcularam os valores de redução da temperatura fisiológica equivalente (PET).

Nesse estudo, apresentaram uma tabela que ilustra a variação da temperatura do ar. Sob árvores de copa densa, a redução ficou entre 1,6°C e 2,5°C, e para cobertura esparsa, os valores ficaram entre 0,6°C e 2,2°C. Relataram que não houve resfriamento significativo das calçadas onde estão plantadas palmeiras jovens. O efeito de resfriamento foi de 0,5°C apenas em alguns pontos, uma vez que as palmeiras não podiam fornecer sombreamento suficiente devido à sua baixa densidade de dossel. Mostraram ainda que a redução de T_{mrt} poderia ser de até 5,1°C e 2,2°C, sob árvores densas e esparsas do dossel, respectivamente, em configurações abertas; enquanto para configurações de alta densidade, os valores correspondentes foram de 3,9°C e 1,8°C.

Os resultados do estudo em Hong Kong com as palmeiras apresentaram baixo desempenho na redução de T_{mrt} , em ambos os casos, espaços abertos e em regiões mais adensadas, com valores em 0,2°C e 0,1°C respectivamente. Os resultados também indicaram que a redução da velocidade do vento foi de cerca de 0,8m/s, 0,7m/s e 0,5m/s em ambiente aberto sob árvores com copas densa, esparsa e palmeiras, respectivamente, enquanto a redução da velocidade do vento foi inferior a 0,1m/s em regiões com densidade elevada.

Nota-se que os resultados dos trabalhos são semelhantes e há consenso entre os pesquisadores quanto à capacidade de arrefecimento das palmeiras analisadas, devido à

sombra e evapotranspiração. Quando agrupadas, o potencial aumenta, e podem representar uma estratégia bioclimática para microclimas urbanos mais confortáveis.

No Brasil, há alguns trabalhos que fazem referência à pequena área de sombra que a palmeira proporciona, porém sem a quantificar, como é o caso da pesquisa de Weirich *et al.* (2015), na qual identificaram a espécie arbórea *Roystonea oleracea* (Palmeira Imperial) como a mais comum nas avenidas avaliadas em Goiânia, Goiás. Segundo o estudo, em geral, palmeiras são bastante ornamentais e apropriadas ao paisagismo, porém para a arborização urbana, proporcionam pouca sombra.

Para uma melhor visualização dos estudos citados, foi elaborada a Tabela 3, com o resumo dos resultados dos trabalhos analisados.

Tabela 3: Estudos sobre o comportamento das palmeiras quanto ao conforto térmico

Internacionais/ Nacionais	Objeto estudo	Resultados	Estação	Referências
TelAviv -Israel	<i>Ficus retusa</i> <i>Tipuana tipo</i> <i>Phoenix dactylifera</i> (Tamareira)	Redução 2,1°C a 2,5°C em relação à estação meteorológica local entre 12h e 15h	Verão	Shashua-Bar (2010)
Ghardaïa - Argélia	áreas verdes (palmeiral) áreas densamente edificadas (Ksur)	centro do palmeiral temp. inferiores de 5°C a 10°C em relação à área edificada.	Verão	Bencheikh e Rchid (2012)
Enugu - Nigéria	<i>Phoenix dactylifera</i> (Tamareira) <i>Coconut</i> (coqueiro)	Trm 25°C Trm 26°C Trm local 26,7°C	Média anual	Obi e Chendo (2014)
Hong Kong- China	Copa densa, Copa esparsa, Palmeiras	Redução Ta: 0,5°C Redução Trm: 0.2°C esp. abertos 0.1°C esp. adensados	Verão	Kong et al. (2017)
Goiânia- Brasil	<i>Roystonea oleracea</i> (Palmeira Imperial).	Referência à pequena área de sombra, sem quantificar		Weirich et al. (2015)

3.3. Índice de conforto térmico

A sensação de conforto térmico é definida como o estado de espírito que expressa satisfação com o ambiente térmico (ASHRAE, 2013) e pode ser mensurada através de índices de conforto térmico.

Um grande número de índices de conforto térmico foi concebido nas últimas décadas, voltado à análise e projeto de sistemas de climatização. Dentre eles, o Voto Médio Estimado - PMV (*Predicted Mean Vote*), a Carta Bioclimática de Givoni e a Temperatura Fisiológica Equivalente (PET).

O PMV, proposto em Fanger (1970) é dado numa escala de sete pontos (+3 muito calor, +2 calor, +1 leve calor, 0 conforto, -1 leve frio, -2 frio, -3 muito frio) e reflete a estimativa da sensação térmica média de um grande número de pessoas. Quanto mais próximo de zero for o PMV, melhor será a sensação térmica dos indivíduos. Foi desenvolvido para subsídio para projetos de condicionadores de ar, e considera como variáveis ambientais a temperatura do ar, a temperatura radiante média, a umidade relativa e a velocidade do ar; e como fatores individuais, a taxa metabólica, correspondente ao nível de atividade física e à resistência térmica da vestimenta das pessoas. Foi adotado pelas normas internacionais ISO 7730 e americana ASHRAE 55, sendo mais adequado a ambientes internos e climatizados. Ameer (1999) realizou um estudo teórico sobre a utilização do PMV em espaços externos, no qual concluiu que sua aplicabilidade é válida para situações restritas, sem radiação solar direta e, ainda que à sombra, apenas dentro de certos limites de velocidade do ar.

A Carta Bioclimática de Givoni, utilizada e adaptada para a elaboração da NBR 15220-3, considera o clima local, identificando os valores de temperatura e umidade relativa do ar no diagrama psicrométrico, contendo sete áreas climáticas. Givoni (1992) se embasa em temperaturas internas da edificação, as quais são obtidas por meio de cálculos, que delineiam as temperaturas esperadas para o ambiente interno. Apresenta as diretrizes e indica estratégias a serem adotadas no projeto, visando à obtenção do conforto térmico. Esse índice analisa os parâmetros físicos do ambiente, porém não contempla a radiação solar e a velocidade do vento, e não aborda fatores individuais, como taxa de metabolismo humano e resistência térmica da vestimenta dos ocupantes do ambiente (ASHRAE, 2013). Seus resultados não são

apresentados em um único parâmetro que facilite uma análise mais precisa em relação aos critérios das condições de conforto.

A Temperatura Fisiológica Equivalente (PET – *Physiological Equivalent Temperature*) (HÖPPE, 1999), dado em graus Celsius, é um índice para cálculo do conforto térmico adaptado às condições externas, que representa a sensação térmica resultante da combinação de variáveis ambientais, que considera a temperatura do ar, a umidade relativa do ar, a velocidade do vento e a temperatura radiante média. É baseado na equação de equilíbrio térmico humano, em estado de uniformidade (MAYER e HÖPPE, 1987).

Com a temperatura fisiológica equivalente (PET), Höppe (1999) propõe um índice de temperatura equivalente à sensação térmica do indivíduo, de fácil compreensão, para fornecer uma resposta ao conforto térmico, ao invés de gerar índices que dependam de escalas pré-estabelecidas.

Este índice pode ser utilizado para ambientes internos ou externos e vem sendo adotado por pesquisadores para estudos de clima urbano. O índice PET, segundo Höppe (1999), somente pode ser considerado como uma base para a avaliação do ambiente térmico, e deve ser ajustado para as características subjetivas em termos de vestuário e de atividades exercidas.

MATZARAKIS; MAYER e IZIONMON (1999) apresentam uma dúvida em relação à validade dos intervalos de PET para aplicação indistinta em todas as zonas (ou regiões) climáticas, considerando a possibilidade de que esses intervalos possam ser diversos, de acordo com as percepções não coincidentes do ambiente térmico ou devido às alterações fisiológicas que ocorrem nos processos de aclimação. Daí a necessidade de pesquisas para calibração deste índice às condições climáticas peculiares de cada região, que satisfaçam os processos de adaptação e aclimação.

Monteiro e Alucci (2008) elaboraram a calibração do índice PET para a cidade de São Paulo – SP; e Hirashima (2010) propôs uma calibração do índice para espaços abertos no município de Belo Horizonte – BH.

Considerando-se a importância das questões de adaptação e aclimação, apresenta-se a Tabela 4, com a comparação do índice Voto Médio Estimado (PMV) com o índice Temperatura Equivalente Fisiológica (PET) de Matzarakis, Maver e Iziomon (1999); a Tabela 5, com a calibração do índice PET, proposta por Monteiro e Alucci (2008); e a Tabela 6 com a calibração do PET proposta por Hirashima (2010).

Tabela 4: Índices Voto Médio Estimado (PMV) e Temperatura Equivalente Fisiológica (PET)

PMV	PET (°C)	Sensação térmica	Nível de estresse térmico
-3,5	<4	Muito frio	Frio extremo
-2,5	4-8	Frio	Frio forte
-1,5	8-13	Fresco	Moderadamente frio
-0,5	13-18	Levemente Fresco	Ligeiramente frio
0	18-23	Confortável	Confortável
0,5	23-29	Levemente cálido	Ligeiramente quente
1,5	29-35	Cálido	Moderadamente quente
2,5	35-41	Quente	Calor forte
3,5	>41	Muito quente	Calor extremo

Fonte: Adaptado de Matzarakis, Maver e Iziomon (1999)

Tabela 5: Calibração do índice PET para a cidade de São Paulo, proposta por Monteiro e Alucci (2008)

PET (°C)	Sensação térmica
< 4	Muito frio
4-12	Frio
12-18	Pouco frio
18-26	Neutra
26-31	Pouco calor
31-43	Calor
>43	Muito calor

Fonte: Adaptado de Monteiro e Alucci (2008)

Tabela 6: Calibração do índice PET, para a cidade de Belo Horizonte, proposta por Hirashima (2010)

PET (°C)	Percepção térmica
Até 30,5	Confortável
30,5 - 35	Calor
Acima de 35	Muito calor

Fonte: Adaptado de Hirashima, 2010

Na calibração do índice de conforto térmico PET para espaços abertos do município de Belo Horizonte, de Hirashima (2010), foram delimitadas três faixas: o intervalo “confortável” teve como limite superior o valor de 30,5°C; o intervalo referente a “calor” foi delimitado pelos valores de 30,5°C a 35°C, sendo 35°C o limite inferior do intervalo referente a “muito calor”. No estudo não foi possível determinar todos os intervalos da calibração, pois, nos levantamentos de campo, a amplitude térmica foi de 20 a 41°C. Assim as faixas de baixos valores do PET, para as situações de frio, não puderam ser delimitadas.

Observa-se que o intervalo considerado “confortável” nas calibrações propostas para São Paulo e para Belo Horizonte apresentam amplitude maior que o intervalo PET estabelecido por Matzarakis, Maver e Izionmon (1999) para a Europa. Segundo Hirashima, (2010), essa faixa mais ampla de “conforto” encontrada em Belo Horizonte provavelmente se deve à adaptação da população às condições climáticas locais não tão rigorosas e com pequenas variações sazonais, quando comparadas às variações climáticas da Europa, assim como no caso de São Paulo, onde possivelmente essa maior amplitude da faixa de conforto ocorra pelas condições de aclimação da população.

4. Métodos

Trata-se de uma pesquisa exploratória, com técnicas de coleta de dados quantitativos, através de medições das variáveis ambientais: radiação solar, temperatura do ar, umidade relativa do ar, temperatura de globo, velocidade do ar; da obtenção do índice de área foliar (IAF) ou *Leaf Area Index* (LAI), da Temperatura Média Radiante (T_{rm}) e de um índice de conforto térmico, tendo sido adotada para isso a Temperatura Fisiológica Equivalente (PET).

Para o estudo da vegetação como atenuadora de radiação solar é necessário considerar as relações entre indivíduos arbóreos, o meio e a radiação incidente, levando-se em conta as características peculiares de cada espécie (LABAKI *et al.*, 2011).

A metodologia adotada foi adaptada de Bueno (1998), Bueno-Bartholomei (2003) e Abreu (2008), que avaliaram a influência de diferentes espécies arbóreas no microclima, através do cruzamento de dados sobre o percentual de atenuação solar. Nas referidas pesquisas, foi adotada a escala de clima local, onde se considera as influências do entorno imediato sobre os indivíduos arbóreos. Nessa escala devem ser selecionados indivíduos que se encontrem num entorno semelhante, obedecendo às seguintes condições: ausência de sombra das edificações ou outras árvores; topografia do terreno não muito acidentada; uniformidade das condições em torno das árvores relacionada à ausência de pavimentação e de construções próximas.

4.1. Área de estudo

A área de estudo está localizada no Campus da Universidade Estadual de Campinas, Campinas, São Paulo (-22°48'57" S; -47°03'33" W; elevação média de 640m). O clima da cidade é tropical de altitude (tipo Cwa, de Köppen), com chuvas no verão e seca no inverno (CEPAGRI, 2016).

Para a definição do local levou-se em conta a existência das condições adequadas ao experimento, apresentando terreno acessível, sem desníveis acentuados que impedissem o

nivelamento correto dos equipamentos de medição, livre de outras árvores e edifícios muito próximos que pudessem sombrear ou afetar as medições nos indivíduos selecionados, como mostra a Figura 2.

Foram estudadas três palmeiras isoladas e um agrupamento.

- Palmeiras isoladas: foram transplantadas para um terreno gramado de 1280 m², com topografia pouco acidentada, localizado na Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo (FEC), UNICAMP.
- Conjunto de palmeiras: localizado em uma área de 350m², com topografia pouco acidentada, localizado na Avenida Dr. André Tosello, UNICAMP.

Figura 2: Locais selecionados para pesquisa: (1) palmeiras isoladas; (2) agrupamento de palmeiras



Fonte: <https://www.youtube.com/watch?v=735uWGMpIHI>

4.2. Caracterização e posicionamento das espécies selecionadas e analisadas

Como objetos de estudo, para a área localizada na FEC, foram selecionadas três espécies de palmeiras, todas exóticas. Em reunião com a equipe do CPROJ (Coordenadoria de Projetos da Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo) ficou definido que não seria viável introduzir espécies nativas no local cedido, tendo em vista que existe um projeto de expansão do estacionamento adjacente; e o fato de existir a possibilidade de futura remoção das plantas, com várias restrições para espécies nativas, dificultaria a cessão do espaço.

Para a realização e o desenvolvimento desta pesquisa foram transplantadas, de um viveiro de plantas da cidade de Limeira (SP) para o local definido, as espécies: “Rabo de Raposa” (*Wodyetia bifurcata* Irvine), “Tamareira” (*Phoenix dactylifera* L.) e “Washingtonia” (*Washingtonia robusta* H. Wendl), com características específicas que as distinguem, principalmente, em relação às folhas.

4.2.1. Rabo de Raposa (*Wodyetia bifurcata* Irvine)

A palmeira Rabo de Raposa (*Wodyetia bifurcata* Irvine) analisada foi transplantada com aproximadamente três anos; apresenta estipe simples de 5,1m de altura e 0,16m de diâmetro. A espécie possui folhas pinadas, com a região terminal recurvada e aspecto crespo, com folíolos numerosos, agrupados de espaço em espaço, inseridos em todas as direções, bi e trifurcados, em forma de cunha longa e estreita, com a parte terminal mais larga e irregularmente denteada, conforme Figura 3.

Figura 3: Palmeira analisada - Rabo de Raposa



Como características gerais da espécie selecionada, LORENZI (1996) relata que a espécie é originária do nordeste da Austrália, podendo atingir de 8 a 12 m de altura e estipe com 15 cm de diâmetro em média, apresentando crescimento relativamente rápido, principalmente se cultivada a pleno sol. Possui efeito ornamental extraordinário, principalmente pelo aspecto e beleza das folhas que justifica o nome popular. É adequada para parques e jardins, plantada isoladamente, em grupos ou fileiras.

4.2.2. Tamareira (*Phoenix dactylifera* L.)

A Tamareira (*Phoenix dactylifera* L.) analisada, Figura 4, transplantada com aproximadamente sete anos, possui estipe revestido pela base de folhas já caídas, com 0,27m de diâmetro, e 4,3m de altura. Suas folhas são pinadas, com numerosos folíolos, rijos, sendo os da base transformados em espinhos.

Figura 4: Palmeira analisada - Tamareira



Como características gerais da espécie selecionada, LORENZI (1996) esclarece que é originária do Norte da África, Oriente Médio e Índia, possui desenvolvimento relativamente rápido, podendo atingir de 15 a 30 m de altura, com diâmetro de estipe variável de 27 a 45 cm. Apresenta grande potencial de uso devido ao efeito ornamental e à possibilidade de comercialização dos frutos, conhecidos por tâmaras. Adequada para parques, onde se distingue pela cor da folhagem verde-azulada.

4.2.3. Washingtonia (*Washingtonia robusta* H. Wendl)

A Washingtonia (*Washingtonia robusta* H. Wendl) estudada, transplantada com cinco anos aproximadamente, apresenta 3,3m de altura e 0,35m de diâmetro de estipe, dilatado na base e revestido pela base de folhas já caídas, formando um belo desenho cruzado, como mostra a Figura 5. As folhas são palmadas, em forma de leque, divididas até a metade, com segmentos rijos e pendentes, sustentadas por pecíolos fortemente denteados nas margens.

Figura 5: Palmeira analisada - Washingtonia



Como características gerais da espécie selecionada, segundo LORENZI (1996), a espécie é originária do México, atinge de 15 a 25 m de altura. É muito ornamental pelo aspecto típico do estipe e pela folhagem. É adequada para parques e jardins, plantada isoladamente, em grupos ou fileiras.

4.2.4. Localização das palmeiras isoladas

As três palmeiras foram transplantadas alinhadas e distantes uma das outras de 7,0m (de eixo a eixo), posicionadas a 10,0m da edificação mais próxima, distantes de 9,0m da área pavimentada do estacionamento, para evitar interferência de sombra das copas umas nas outras e de elementos externos, como mostram as Figuras 6a e 6b.

Figura 6: Palmeiras isoladas - Local da pesquisa: (a) imagem das palmeiras; (b) posição das palmeiras



Fonte Figura 6(b): <https://www.google.com.br>

Nota: 1- Rabo de Raposa; 2- Tamareira; 3- Washingtonia

As coordenadas das palmeiras foram obtidas com levantamento planialtimétrico utilizando a Estação Total da Leica, modelo TCR305, Figura 7, do Laboratório de Topografia e Geodésia da FEC, UNICAMP. A tabela 7 apresenta o posicionamento das três palmeiras em coordenadas UTM, as quais foram inseridas na plataforma ArcGis online®.

Figura 7: Estação total da Leica



Fonte: http://geomat.com.br/categoria_usados/estacao-total/

Tabela 7: Posicionamento das três palmeiras em coordenadas UTM e suas características individuais

Palmeira	Coordenadas UTM – SIRGAS 2000 (metros)		Altura (metro)			Diâmetro (metro)		Número de folhas
	E (Leste)	N (Norte)	Fuste	Copa	Total	Estipe	Copa	
Rabo de Raposa	-22°49'0,695784"	-47°3'44,073792"	3,5	1,6	5,1	0,16	3,7	8
Tamareira	-22°49'0,955812"	-47°3'44,077716"	1,7	2,6	4,3	0,27	3,5	25
Washingtonia	-22°49'1,151292"	-47°3'44,045604"	1,2	2,1	3,3	0,35	2,3	20

4.2.5. Conjunto de palmeiras *Livistona* (*Livistona saribus* (Loureiro) Merrill ex. A. Chevalier)

Como desdobramento e incremento da pesquisa, optou-se pelo estudo de um conjunto de palmeiras, a fim de avaliar o potencial de atenuação solar de uma configuração onde as espécies estão plantadas próximas umas das outras. Para a escolha do agrupamento de palmeiras, foram considerados alguns aspectos que atingiam os atributos necessários para o desenvolvimento desta pesquisa. Eleveu-se uma espécie de folha palmada, pois nas primeiras análises com as palmeiras individuais, na primavera, a espécie com folhas em forma de leque obteve maior atenuação solar que as demais estudadas no mesmo período. Foram selecionados sete indivíduos da espécie *Livistona* (*Livistona saribus* (Loureiro) Merrill ex. A. Chevalier), já existentes e plantadas em uma área de 350m², conforme indica a Figura 8, com topografia pouco acidentada, localizado na Avenida Dr. André Tosello, no Campus da Unicamp, local seguro, acessível e sem a interferência de elementos externos.

Figura 8: Agrupamento de palmeiras analisado



Como características gerais da espécie selecionada, LORENZI (1996) informa ser uma espécie ornamental, com estipe robusto, simples, podendo atingir de 15 a 20 m de altura e cerca de 25 cm de diâmetro, cinza claro, anelado, com remanescentes da base das folhas persistentes por longo tempo, que permanecem, apenas, na base do estipe nas plantas adultas. Possui folhas em forma de leque, grandes, divididas, com segmentos profundamente bifurcados, levemente pêndulos. Os pecíolos são dotados de espinhos grandes, fortes, recurvados nas margens, com fibra parda na base. Originária do Sudeste da Ásia, Malásia e Filipinas, é cultivada em clima subtropical, resistente a pleno sol. Seu plantio é adequado para parques, isoladamente, em grupos ou fileiras.

4.2.6. Localização do agrupamento de palmeiras

As palmeiras da espécie *Livistona* estão posicionadas conforme mostra a Figura 9.

Figura 9: Posição das palmeiras Livistona no agrupamento - Local da pesquisa



Fonte: ArcGis online®

Trata-se de um conjunto de sete palmeiras bem desenvolvidas, plantadas em terreno gramado, a uma distância média de 7,0 m entre si, distantes 3,0 m da área pavimentada, sendo que quatro delas apresentam intersecção entre as copas.

A tabela 8 apresenta as características específicas e o posicionamento dos indivíduos analisados em coordenadas UTM, as quais foram inseridas na plataforma ArcGis online®.

Tabela 8: Posicionamento do agrupamento de palmeiras em coordenadas UTM e suas características individuais

Palmeira Livistona	Coordenadas UTM – SIRGAS 2000 (metros)		Altura (metro)			Diâmetro (metro)	
	E	N	Fuste	Copa	Total	Estipe	Copa
A	-22°49'5,4892"	-47°3'48,9725"	3,8	5,2	9	0,35	5,8
B	-22°49'5,2379"	-47°3'49,0122"	1,6	3,1	4,7	0,27	5,0
C	-22°49'5,3411"	-47°3'48,8373"	2,4	3,6	6	0,30	5,3
D	-22°49'5,3987"	-47°3'48,7175"	2,9	3,4	6,3	0,30	5,0
E	-22°49'5,2352"	-47°3'48,6428"	2,2	3,7	5,9	0,30	5,0
F	-22°49'5,3302"	-47°3'48,4305"	1,8	2,9	4,7	0,27	4,3
G	-22°49'5,2909"	-47°3'48,1919"	1,0	2,6	3,6	0,25	4,0

4.3. Períodos de análise

As medições das variáveis ambientais foram realizadas na primavera de 2016, no verão de 2016/2017, no outono e inverno de 2017. Os processos de medição seguiram as recomendações da norma ISO 7726 (2001).

Para uma melhor visualização dos períodos analisados, foi elaborada a Tabela 9, que apresenta para cada palmeira, as datas e período de medições, por estação do ano. As medições foram realizadas por um período de 8 ou 9 horas diárias, com dados coletados em intervalos de 10 em 10 minutos.

Tabela 9: Datas e período de medições, por estação do ano

Estação	Palmeiras	Dias de medição	Período	Obs.
Primavera	isoladas	20, 24 e 25/11/2016	08:00 - 17:00h	Horário de verão ⁵
	conjunto	Não houve coleta de dados		
Verão	isoladas	29/12/2016, 06 e 15/01/2017	08:00 - 17:00h	Horário de verão
	conjunto	15/02/2017	08:00 - 17:00h	Horário de verão
Outono	isoladas	30/03 e 15/04/2017	09:00 - 17:00h	
	conjunto	26/05/2017	09:00 - 17:00h	
Inverno	isoladas	28, 29 e 30/06/2017	09:00 - 17:00h	
	conjunto	11/07/2017	09:00 - 17:00h	

Na primavera de 2016, nas palmeiras isoladas, os dados foram registrados nos dias 20, 24 e 25 de novembro de 2016, por um período de 9 horas/dia. Não houve medições no agrupamento de palmeiras, pois estas somente foram selecionadas na estação seguinte.

No verão de 2016/2017, as medições nas palmeiras isoladas ocorreram nos dias 29 de dezembro de 2016 e 06 e 15 de janeiro de 2017, por um período de 9 horas/dia. Para o agrupamento de palmeiras a coleta dos dados ocorreu no dia 15 de fevereiro. Os dados foram registrados por um período de 9 horas/dia.

Nas duas estações, as medições ocorreram em local que adotou o “horário brasileiro de verão”, sendo necessário realizar a correção para o horário padrão de Brasília.

⁵O Horário Brasileiro de Verão consiste em adiantar em uma hora a Hora Legal (oficial) de determinados estados, Montalvão (2005).

No outono de 2017 os dados foram coletados nas palmeiras isoladas nos dias 30 de março e 15 de abril, por um período de 8 horas/dia. No agrupamento de palmeiras a coleta de dados foi no dia 26 de maio, por um período de 8 horas/dia.

No inverno as medições nas palmeiras isoladas ocorreram 28, 29 e 30 de junho, por um período de 8 horas/dia. No agrupamento de palmeiras as medições ocorreram no dia 11 de julho, por um período de 8 horas/dia.

4.4. Medições das variáveis ambientais

As seguintes variáveis ambientais foram medidas: temperatura do ar (T_a), temperatura de globo (T_g), umidade relativa do ar (U_r), e radiação solar (R_{ad}), à sombra de cada espécie de palmeira e ao sol (distante de 10,0 metros da planta), local que se adotou como ponto único de medição da velocidade do ar (V_a).

Para a medição da temperatura do ar (T_a) e umidade relativa (U_r) foram utilizados, nas palmeiras isoladas, em cada palmeira e ao sol, um conjunto composto de: um sensor e registrador de temperatura e umidade, modelo Testo 175-T2 e 175-H1; para temperatura de globo (T_g), um conjunto composto de um sensor/registrator modelo testo 0613 171, colocado no interior de um globo cinza (diâmetro de 4 cm), conforme Figura 10a, 10b e 10c, instalados em um tripé, a 1,50m do solo, como mostra a Figura 12. No agrupamento de palmeiras, utilizou-se os mesmos equipamentos, sendo que três conjuntos foram alocados à sombra, de onde se obteve a média diária de todas as variáveis ambientais à sombra e um conjunto posicionado ao sol.

Figura 10: Sensores e registradores de: (a) temperatura do ar, (b) umidade e (c) temperatura de globo



Fonte: <https://www.testo.com/pt-BR>

Figura 11: Anemômetro/termômetro digital



Fonte: <https://www.testo.com/en-US>

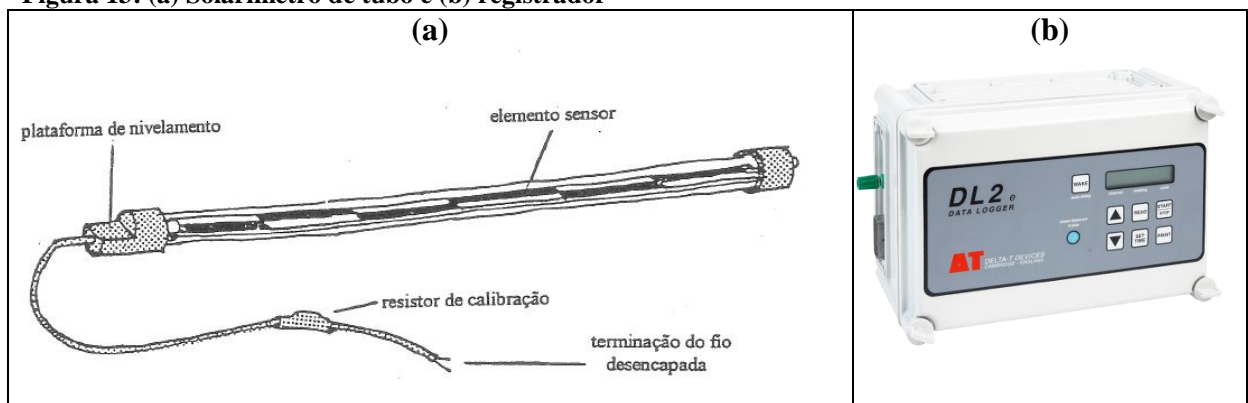
Para a medição de velocidade do ar (V) foi instalado um anemômetro/termômetro digital Testo 445, com sensor 0635-1549, conforme Figura 11, acoplado ao tripé que ficou ao Sol, como mostra a Figura 12.

Figura 12: Tripé com a montagem dos equipamentos de medição



Para a radiação solar (Rad, em kW/m^2) registrada ao sol e à sombra de cada palmeira foram utilizados solarímetros de tubo, modelo TSL-DELTA- T, Figura 13a, conectados a um integrador de coleta automática dos dados, modelo Delta DL2 *Datalogger*, Figura 13b, instalados a 1,0m de altura do solo, conforme Figura 14. No agrupamento de palmeiras utilizou-se os mesmos equipamentos, sendo que três solarímetros foram alocados à sombra e um solarímetro posicionado ao sol. Para os valores à sombra, foi calculada a média horária dos três solarímetros.

Figura 13: (a) Solarímetro de tubo e (b) registrador



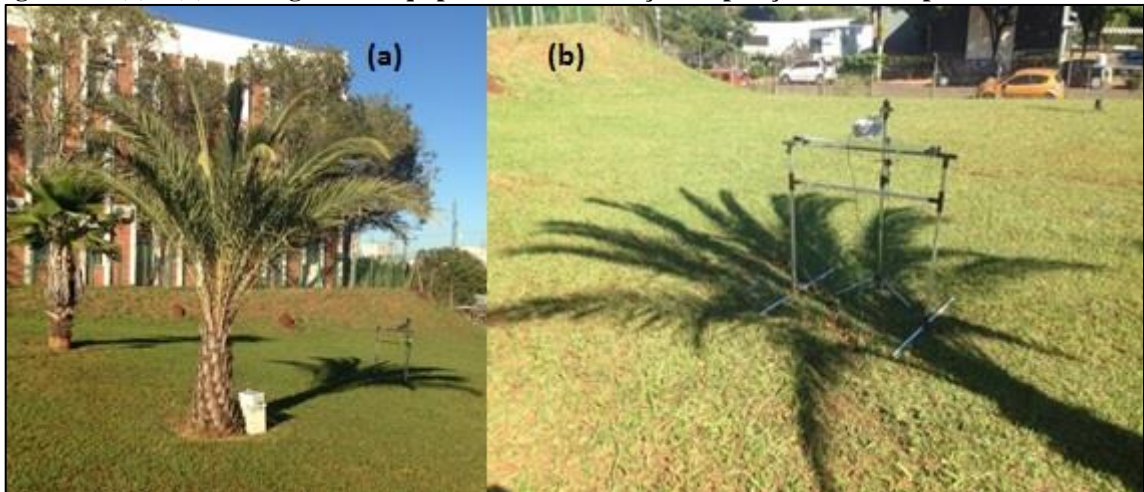
Fonte: <https://www.delta-t.co.uk>

Figura 14: Montagem dos equipamentos de medição no tripé e sobre o cavalete



Os equipamentos situados à sombra, como mostra a Figura 15a e 15b, tiveram suas posições alteradas ao longo do dia, acompanhando o sombreamento da copa das palmeiras, o que ocorreu no sentido anti-horário, totalizando 16 posições por dia de medição nas palmeiras isoladas. No agrupamento, a movimentação do equipamento acompanhou o sombreamento, alterando a posição oito vezes por dia de medição.

Figura 15: (a) e (b) Montagem dos equipamentos de medição na posição sombra - palmeira Tamareira



Para obtenção do LAI – Leaf Area Index ou IAF – índice de área foliar, optou-se pela utilização do equipamento LAI-ACCUPAR LP-80, Figura 16, que emprega o método indireto de mensuração do LAI, cujo princípio de uso consiste no balanço entre a radiação que atinge o interior do dossel e a radiação que incidente no topo do mesmo.

As medições foram realizadas em pleno sol e sob o dossel, no período de 9 horas, com registros em intervalos de uma hora.

Figura 16: Equipamento LAI-ACCUPAR LP-80 de mensuração do LAI



Fonte: <http://slideplayer.com.br/slide/361184/>

Para avaliação de conforto térmico foi adotado o índice PET – Temperatura Fisiológica Equivalente ($^{\circ}\text{C}$), que descreve as condições térmicas do ambiente externo, sendo obtido pelo software *RayMan – Modelling of Mean Radiant Temperature in Urban Structures Calculation of Thermal Indices*, a partir da equação de balanço térmico do corpo humano em condições de estabilidade.

4.5. Método de análise dos resultados

Os dados de todas as variáveis ambientais foram compilados calculando-se as médias horárias para os três dias de medição.

4.5.1. Obtenção da Temperatura radiante média (T_{rm}) e da Atenuação solar (At)

A T_{rm} foi obtida através da Equação 1 para convecção forçada, apresentada na ISO 7726 (2001):

$$T_{rm} = \left[(t_g + 273)^4 + \frac{1,1 \times 10^8 \times v_a^{0,6}}{\varepsilon_g \times D^{0,4}} (t_g - t_a) \right]^{1/4} - 273 \quad (\text{Equação 1})$$

Onde:

t_g : Temperatura de globo, em °C;

v_a : Velocidade do ar, em m/s;

t_a : Temperatura do ar, em °C;

ε_g : Emissividade do globo (0,95);

D : Diâmetro do globo (0,04m).

Seguindo Bueno-Bartholomei e Labaki (2003), adotou-se como referência os parâmetros obtidos nas medições na posição Sol, e obteve-se a variação relativa da temperatura radiante média e da atenuação da radiação solar, conforme mostram respectivamente as Equações 2 e 3.

$$VT_{rm} = \frac{T_{rm(sol)} - T_{rm(sombra)}}{T_{rm(sol)}} \times 100 \quad (\text{Equação 2})$$

Onde:

VT_{rm} : Variação relativa das médias da Temperatura radiante média, em %;

$T_{rm} (sol)$: Temperatura radiante média na posição Sol, em °C;

$T_{rm}(sombra)$: Temperatura radiante média nas posições de sombra, em °C;

A atenuação solar (At) é dada pela Equação 3.

$$At = \frac{S_{sol} - S_{sombra}}{S_{sol}} \times 100 \quad (\text{Equação 3})$$

Onde:

At: Atenuação solar, em porcentagem (%);

S_{sol}: Energia total incidente ao Sol, em kWh/m² (área do gráfico correspondente);

S_{sombra}: Energia total incidente à sombra, em kWh/m² (área do gráfico correspondente).

As áreas dos gráficos foram calculadas a partir das integrais das curvas obtidas para a radiação solar incidente ao longo do período de medição e representam a média diária da energia total incidente em cada posição (ao sol e à sombra) para os períodos analisados.

Para a análise adequada das atenuações de radiação solar, foram calculados os erros padrões das médias dessas atenuações pela seguinte fórmula (TOPPING, 1972):

$$\alpha = \sigma / \sqrt{n} \quad \text{(Equação 4)}$$

Onde:

α é o erro padrão da média;

σ é o desvio padrão;

N é o número de elementos.

5. Análise dos resultados

A seguir, serão apresentados graficamente e analisados os resultados dos parâmetros ambientais, para cada estação, obtidos nas palmeiras isoladas e no agrupamento estudado; o índice de área foliar; o índice de conforto térmico PET, e seu efeito segundo calibração de Monteiro e Alucci, (2008) e Hirashima, (2010).

5.1. Parâmetros ambientais

5.1.1. Temperatura do ar

Nas palmeiras isoladas, os resultados para a temperatura do ar obtidos nas quatro estações estudadas são apresentados graficamente nas Figuras 17, 18, 19 e 20.

Figura 17: Média da temperatura do ar - três dias na primavera/2016

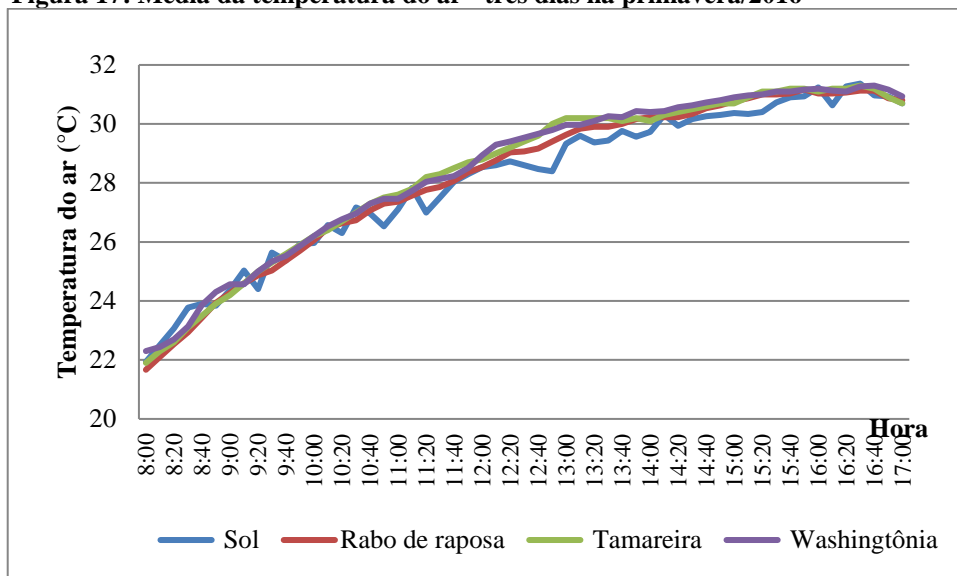


Figura 18: Média da temperatura do ar - três dias no verão 2016/2017

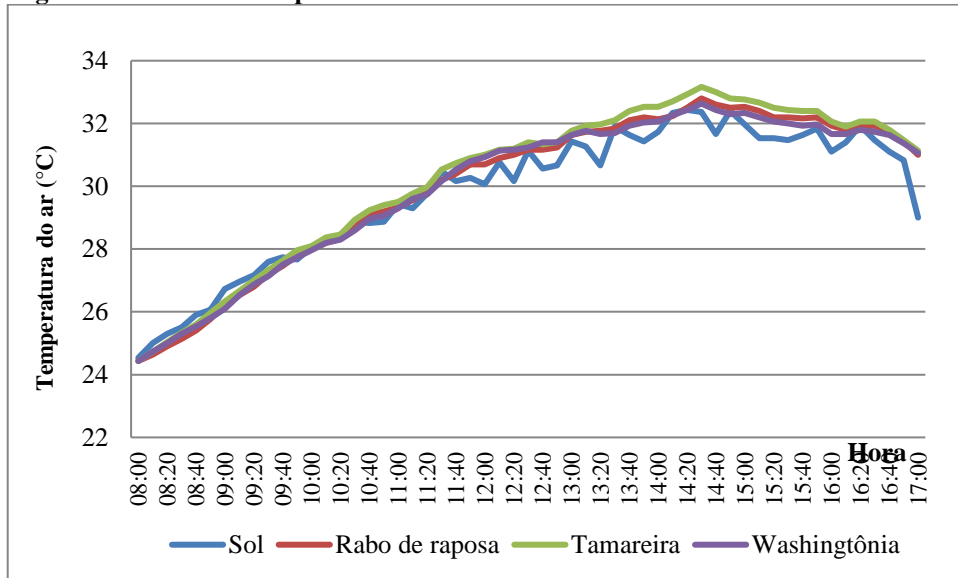


Figura 19: Média da temperatura do ar - dois dias no outono/2017

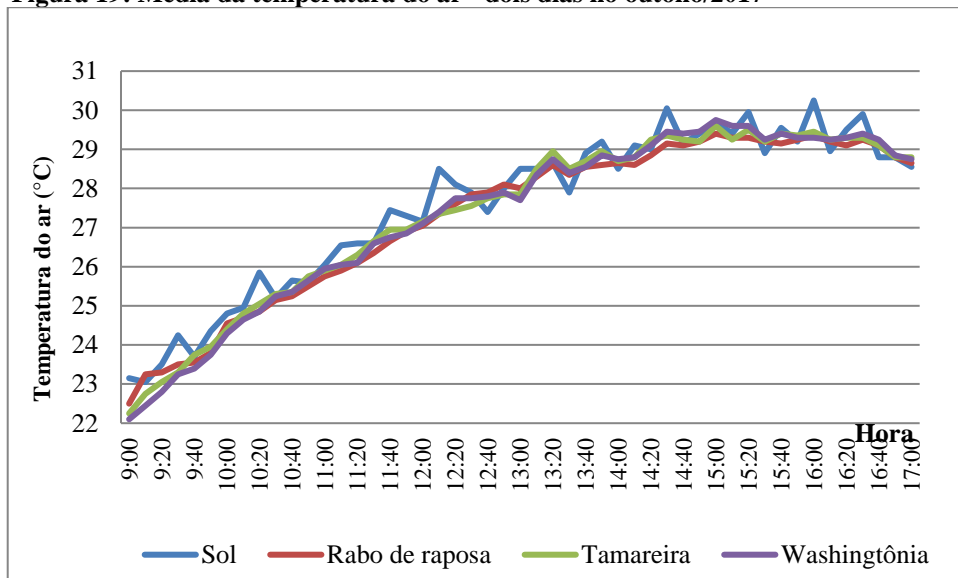
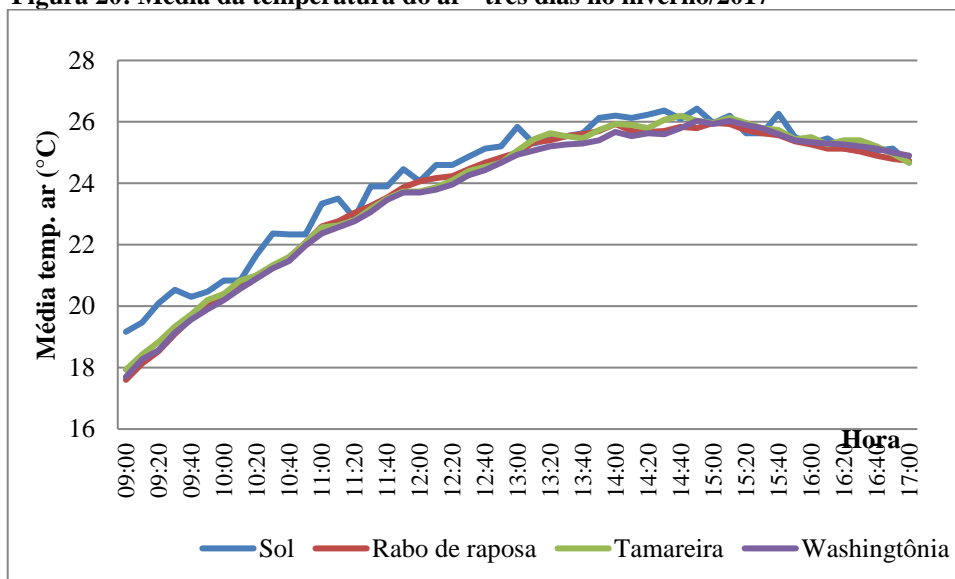


Figura 20: Média da temperatura do ar - três dias no inverno/2017



Verifica-se que as temperaturas do ar apresentaram valores relativamente mais baixos no início da manhã, com aumento de temperatura ao longo do dia, e leve queda no final da tarde.

Comparando-se os resultados das médias das Temperaturas do ar (T_a) obtidas à sombra de cada Palmeira isolada e ao Sol, observou-se que foram inferiores a 1°C , o que representa que a sombra das palmeiras não trouxe redução significativa da temperatura do ar. A diferença de aproximadamente 1°C entre as médias diárias das temperaturas ao sol e à sombra também pode-se verificar no estudo de Labaki *et al.* (2011) para espécies arbóreas.

No agrupamento de palmeiras, os resultados para a temperatura do ar obtidos no verão, no outono e no inverno são apresentadas nas figuras 21, 22 e 23.

Figura 21: Temperatura do ar - agrupamento - verão 2016/2017

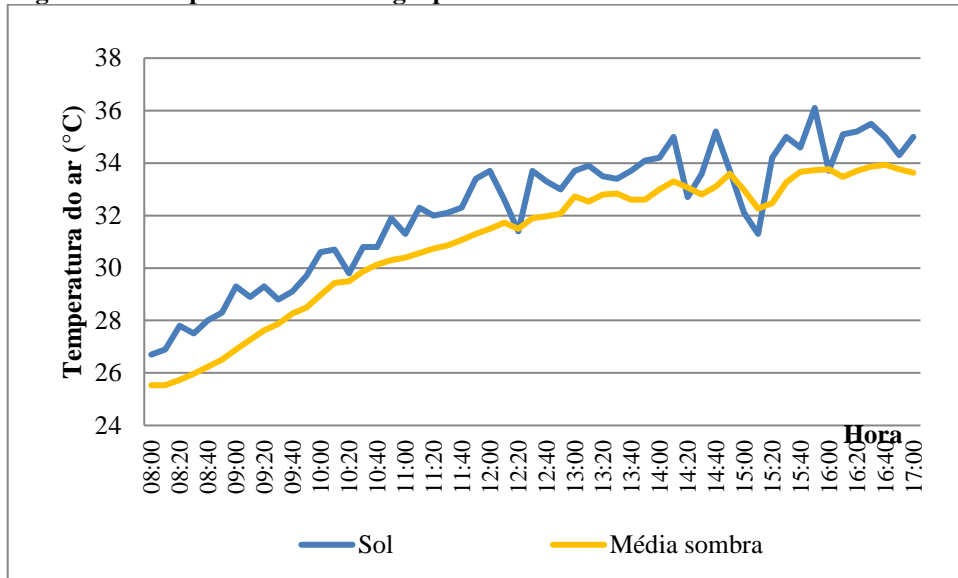


Figura 22: Temperatura do ar - agrupamento - outono/2017

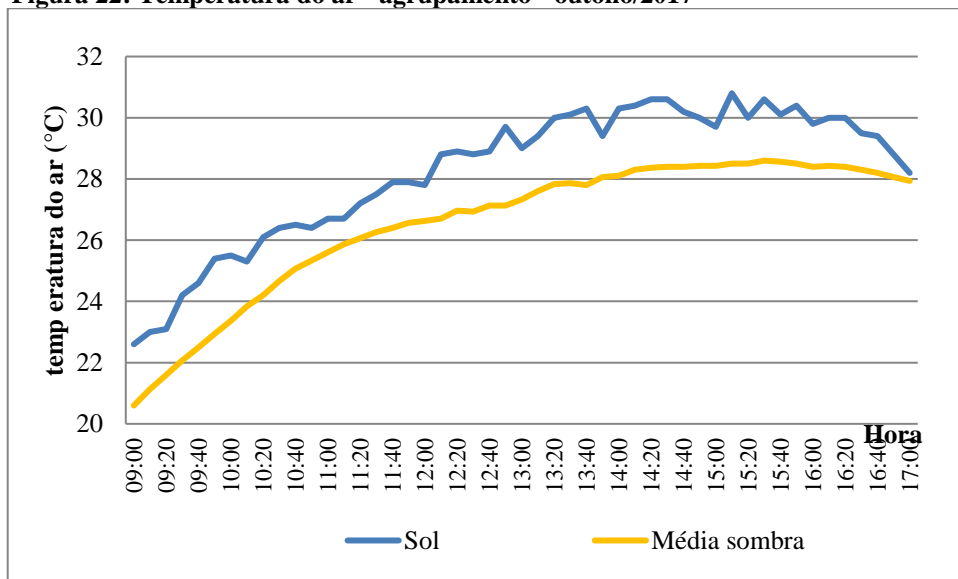
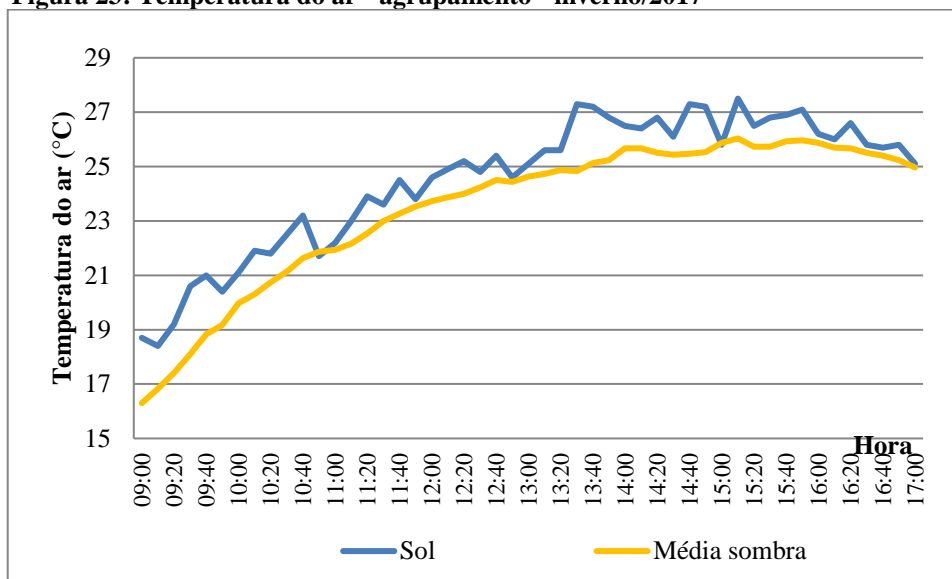


Figura 23: Temperatura do ar - agrupamento - inverno/2017

As curvas da temperatura do ar no agrupamento mantiveram o mesmo comportamento das curvas apresentadas para as palmeiras isoladas, com valores mais baixos no início da manhã, aumento ao longo do dia e uma leve queda no final do período, porém, nas três estações medidas, houve uma variação considerável entre os resultados ao sol e à sombra do conjunto.

No verão, a temperatura do ar apresentou uma variação média de 1,2°C entre as medições ao sol e à sombra das palmeiras, apontando, em alguns momentos, diferença de até 2,4°C.

No outono, a temperatura do ar apresentou uma variação média mais significativa, 1,7°C, apontando, em alguns momentos, diferença de até 2,6°C, entre as medições ao sol e à sombra.

No inverno, a temperatura do ar apontou em alguns momentos diferença de até 2,5°C, entre as medições ao sol e à sombra, apresentando uma variação média de 1,0°C.

5.1.2. Temperatura de globo

Nas quatro estações, as curvas das médias de temperatura de globo obtidas nas palmeiras isoladas são apresentadas nas Figuras 24, 25, 26 e 27.

Figura 24: Média da temperatura de globo - três dias na primavera/2016

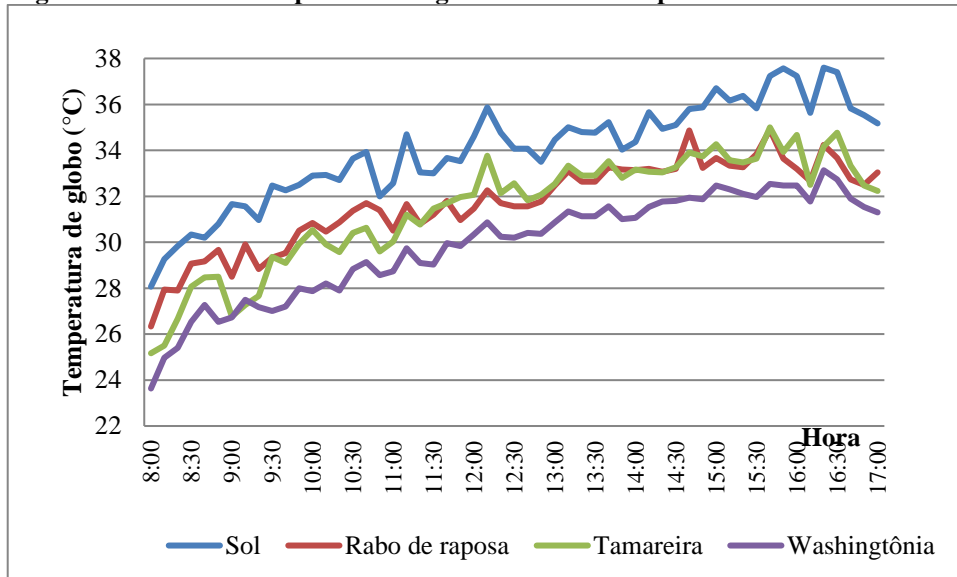


Figura 25: Média da temperatura de globo - três dias no verão 2016/2017

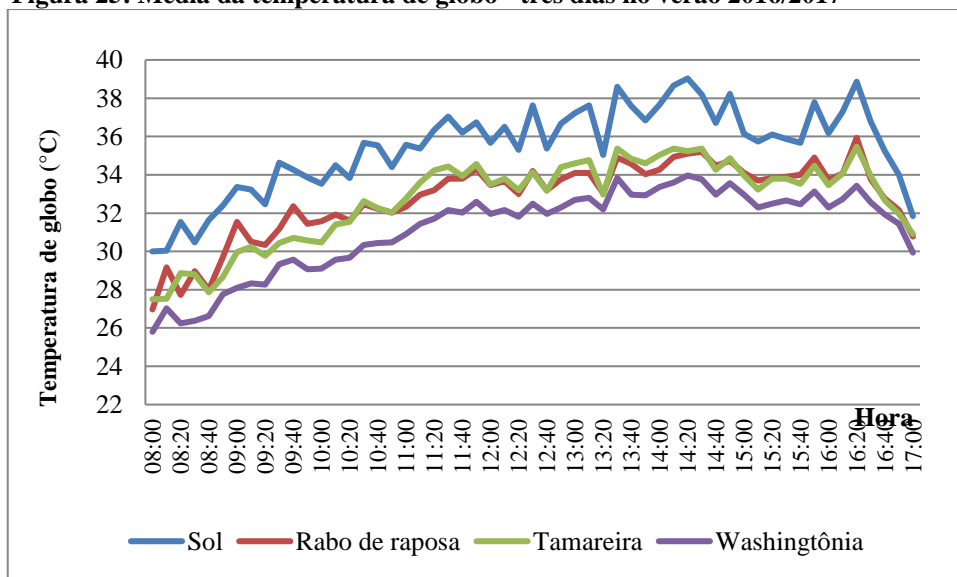
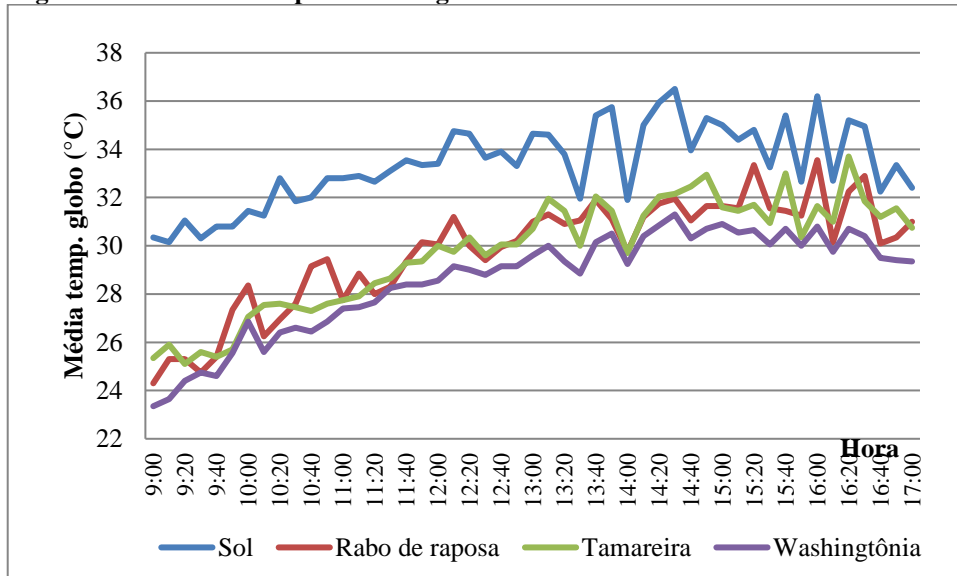
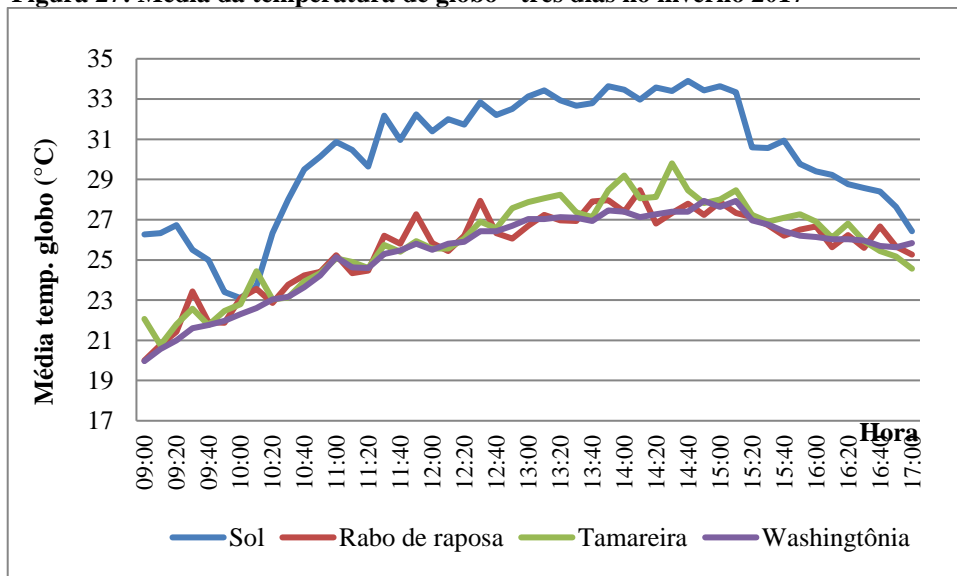


Figura 26: Média da temperatura de globo - dois dias no outono/2017**Figura 27: Média da temperatura de globo - três dias no inverno 2017**

No agrupamento de Livistonas, as curvas das médias de temperatura de globo obtidas à sombra e as obtidas ao sol, nas três estações estudadas, são apresentadas nas Figuras 28, 29 e 30.

Figura 28: Temperatura de globo - agrupamento - verão 2016/2017

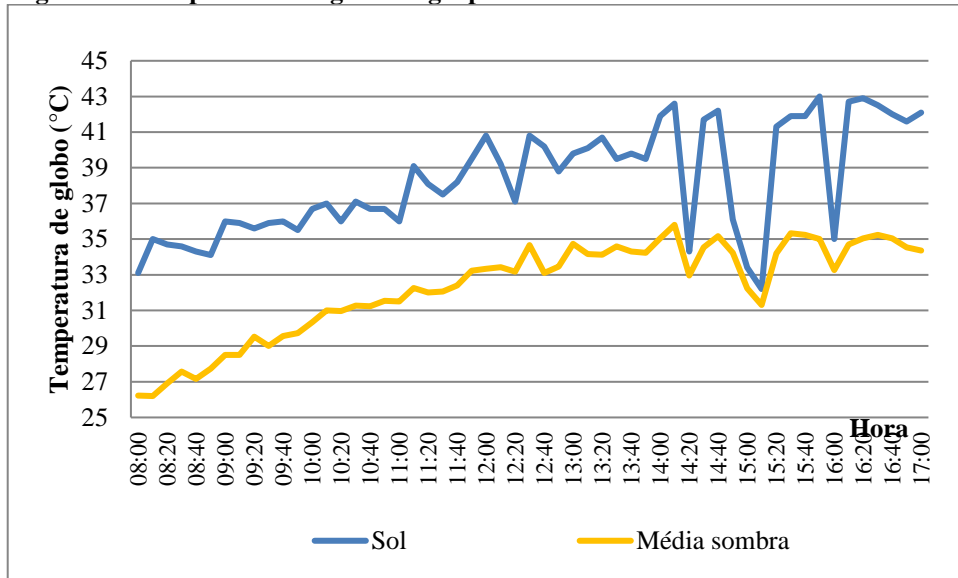


Figura 29: Temperatura de globo - agrupamento - outono/2017

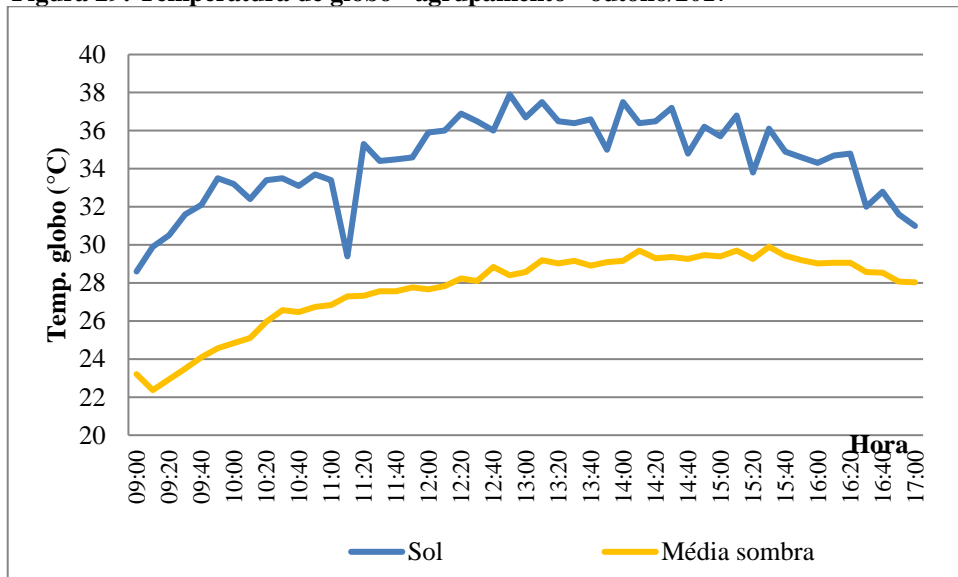
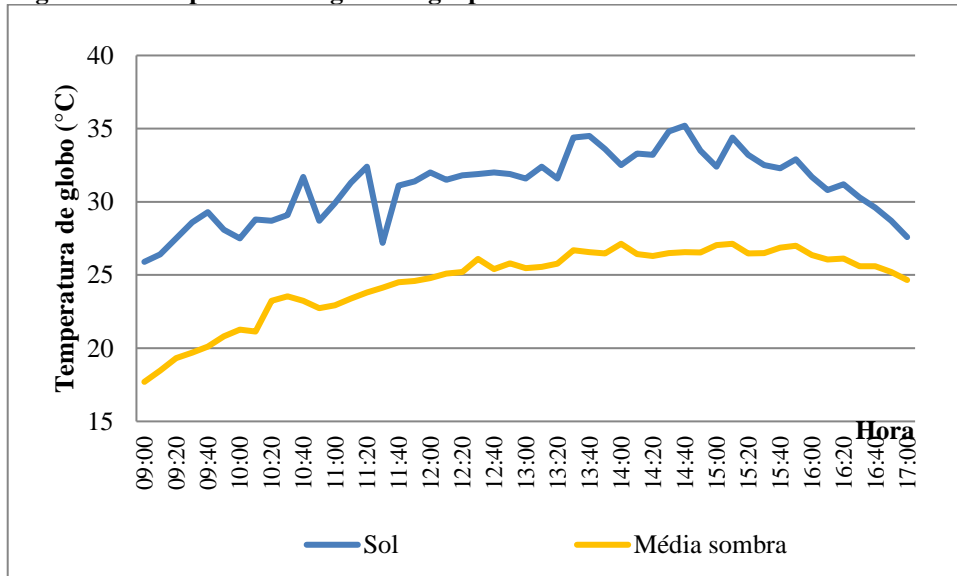


Figura 30: Temperatura de globo - agrupamento - inverno/2017



5.1.3. Radiação solar

Os resultados para a radiação solar nas palmeiras isoladas são apresentados nas figuras 31, 32, 33 e 34.

Figura 31: Média da radiação solar - três dias na primavera/2016

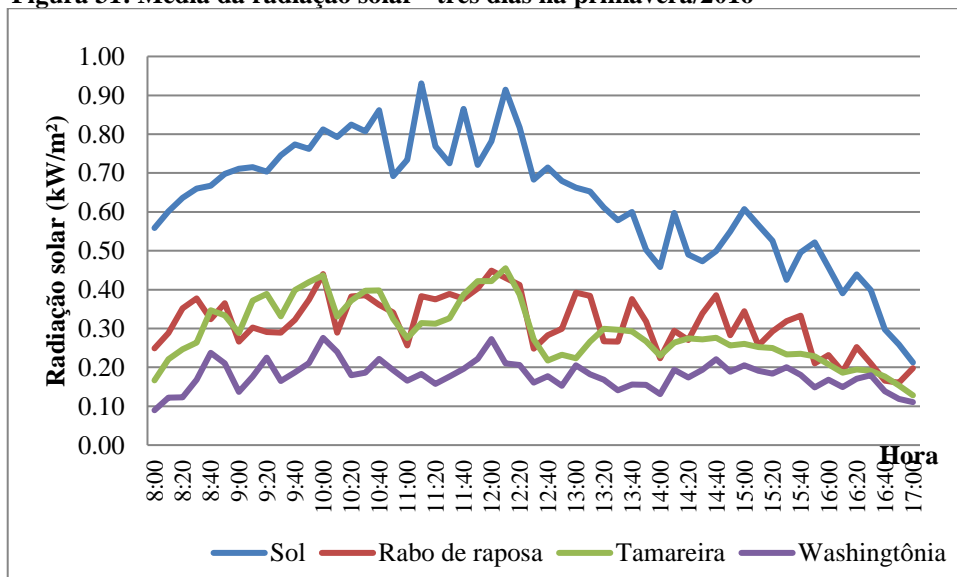


Figura 32: Média da radiação solar - três dias no verão 2016/2017

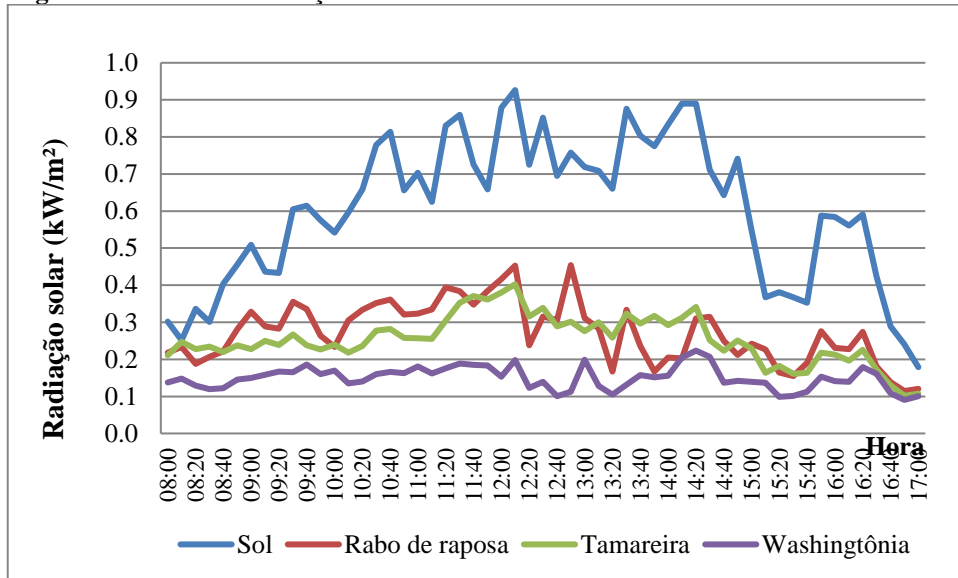


Figura 33: Média da radiação solar - dois dias no outono/2017

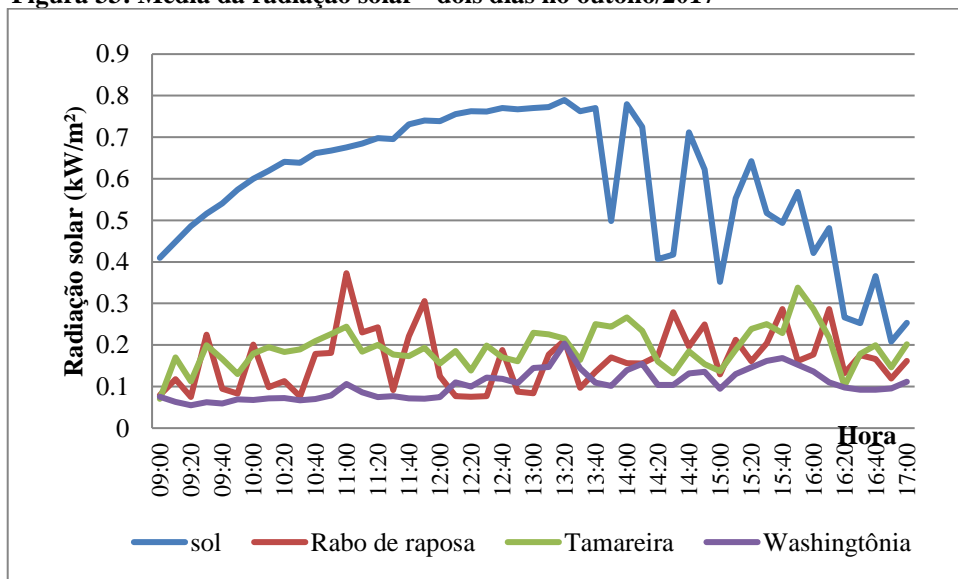
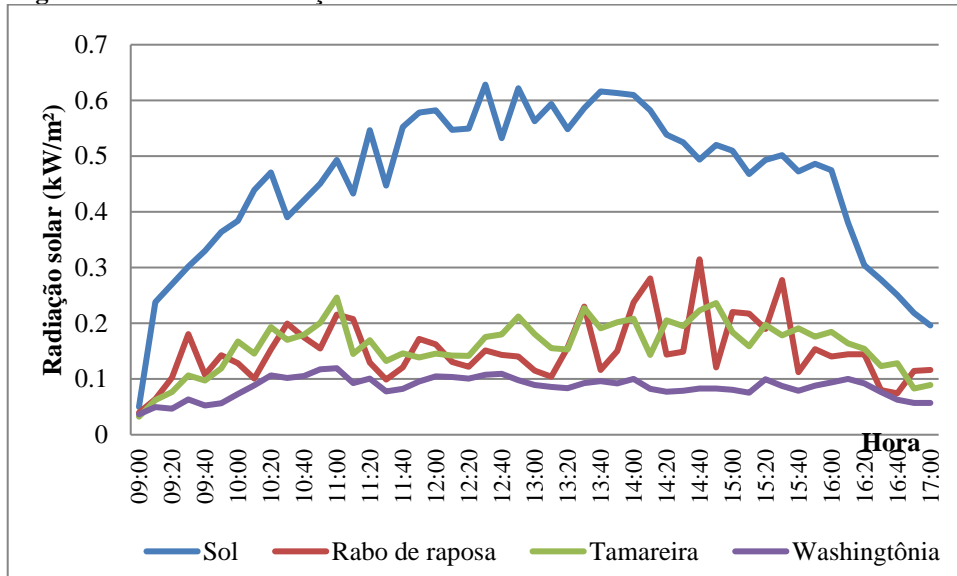


Figura 34: Média da radiação solar - três dias no inverno/2017



Analisando-se os gráficos de radiação solar pode-se observar que os valores obtidos ao sol são mais elevados que aqueles obtidos à sombra das palmeiras isoladas. As curvas da Rabo de Raposa e da Tamareira são muito próximas, sendo que em diversos momentos se cruzam. O melhor resultado foi obtido à sombra da Washingtonia.

Para o conjunto, os resultados da radiação solar são exibidos nas figuras 35, 36 e 37.

Figura 35: Radiação solar - agrupamento - verão 2016/2017

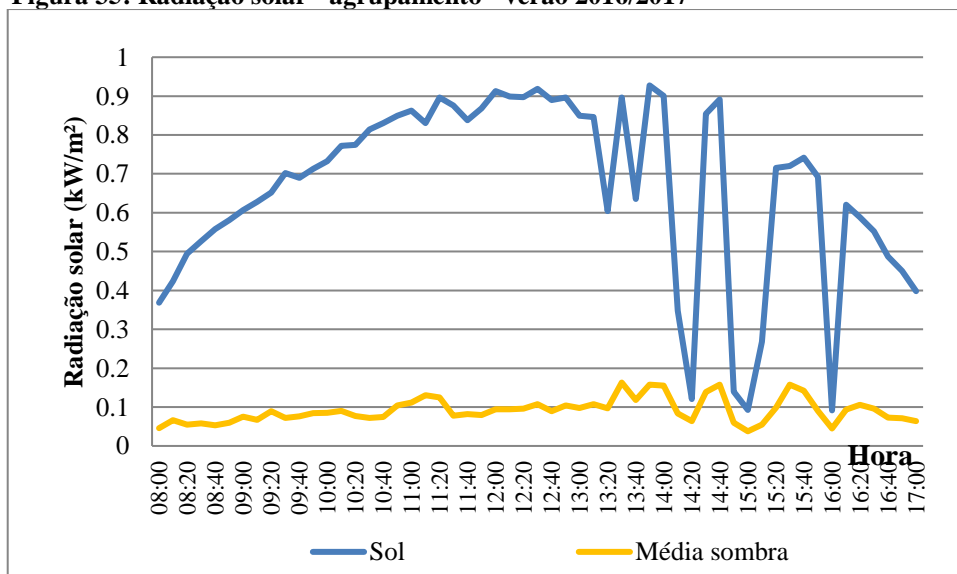
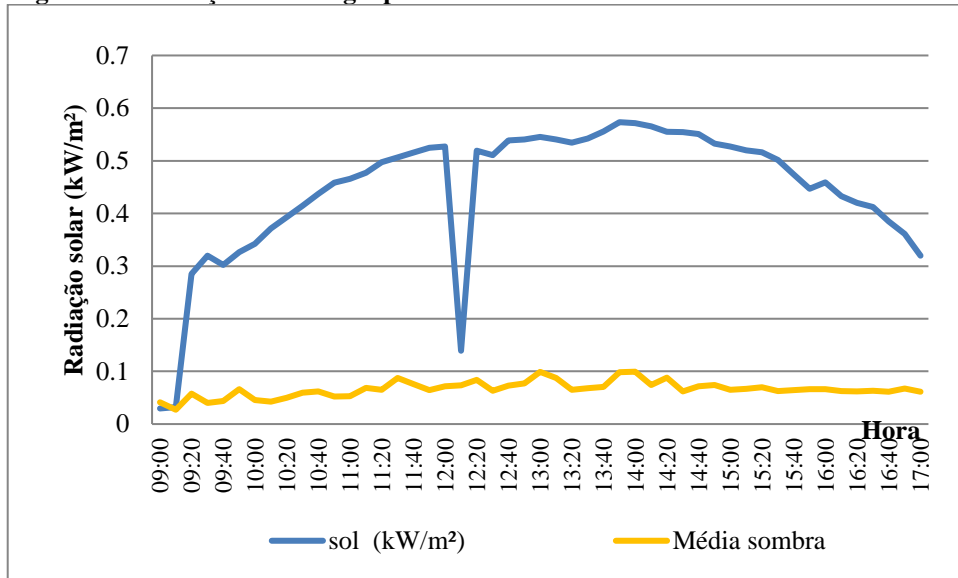
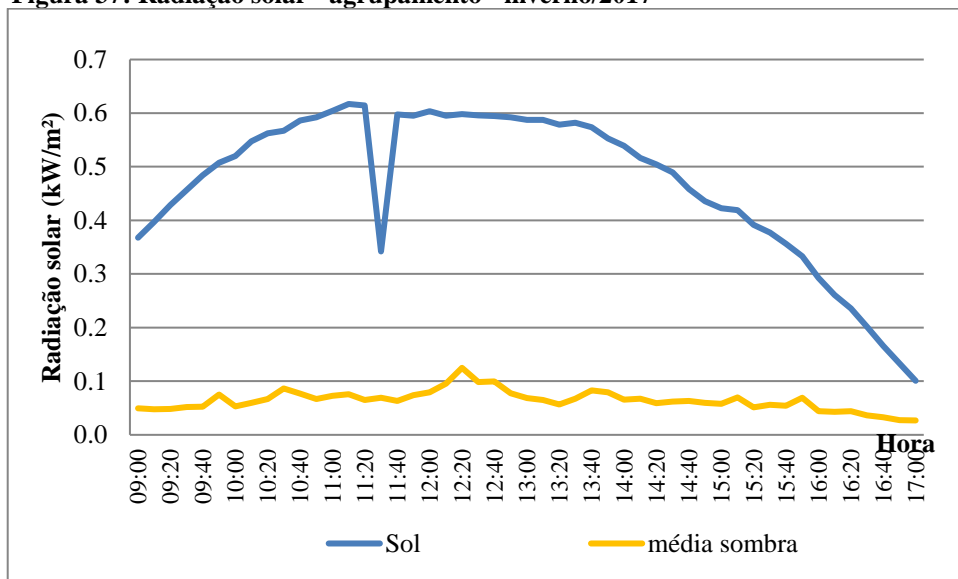


Figura 36: Radiação solar - agrupamento - outono/2017**Figura 37: Radiação solar - agrupamento - inverno/2017**

Na análise dos gráficos da radiação solar obtida no conjunto de palmeiras nota-se uma diferença relevante entre a medição ao sol e à sombra.

5.1.4. Umidade relativa do ar

Os resultados para a umidade relativa do ar nas palmeiras isoladas são apresentados nas Figuras 38, 39, 40 e 41.

Figura 38: Média da umidade relativa do ar - três dias na primavera/2016

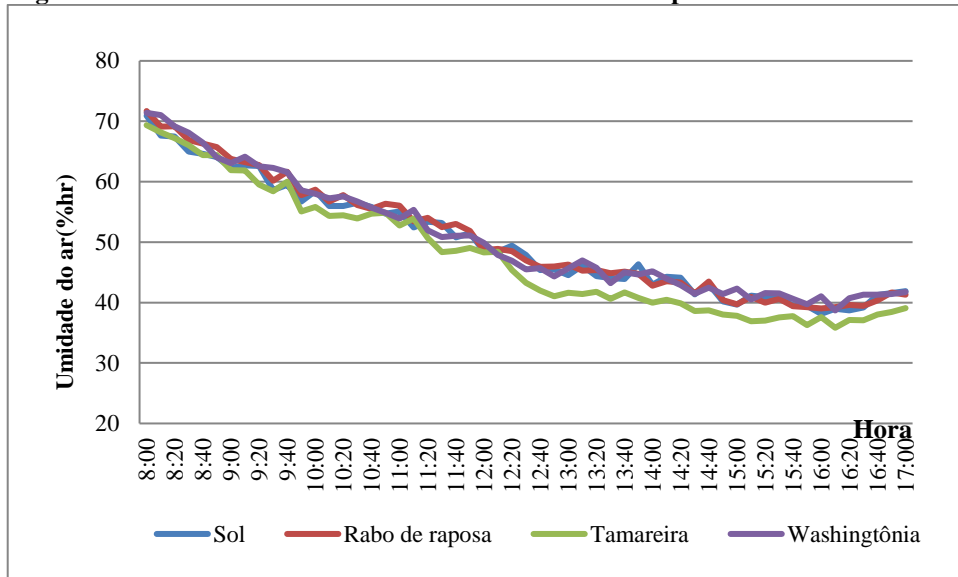


Figura 39: Média da umidade relativa do ar - três dias no verão 2016/2017

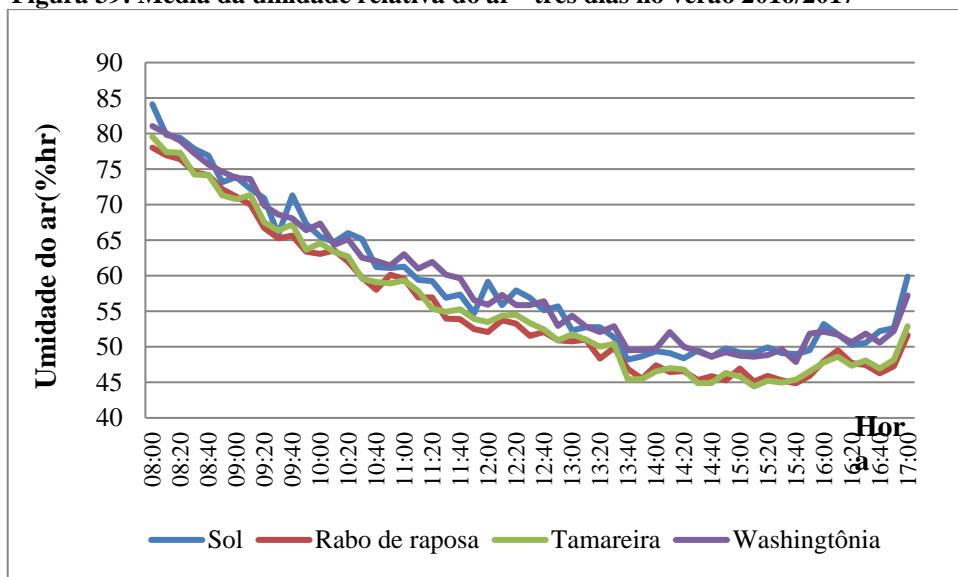
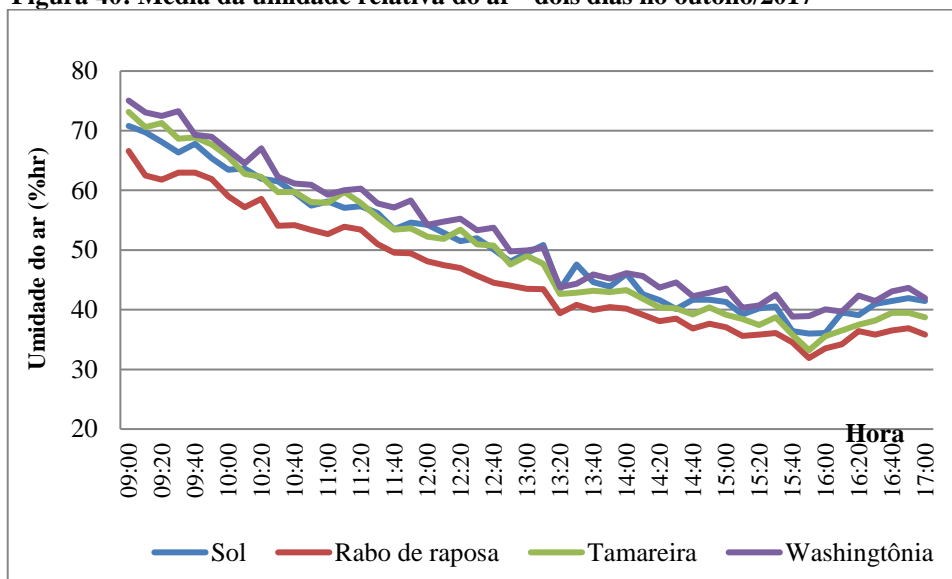
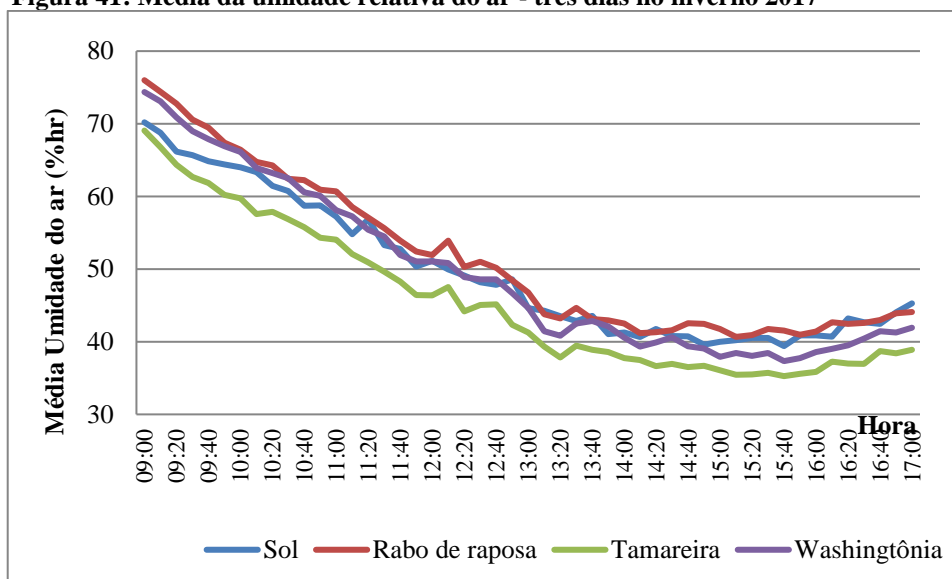


Figura 40: Média da umidade relativa do ar - dois dias no outono/2017**Figura 41: Média da umidade relativa do ar - três dias no inverno 2017**

Analisando o gráfico de umidade relativa do ar nas palmeiras isoladas, verifica-se que as curvas apresentam resultados previstos durante o período medido: umidade mais elevada pela manhã, com tendência de queda ao longo do dia e elevação ao final da tarde, sem diferenças significativas nos dados obtidos ao sol ou à sombra das palmeiras.

Para o agrupamento, os resultados da umidade relativa do ar são apresentados nas figuras 42, 43 e 44.

Figura 42: Umidade relativa do ar - agrupamento - verão 2016/2017

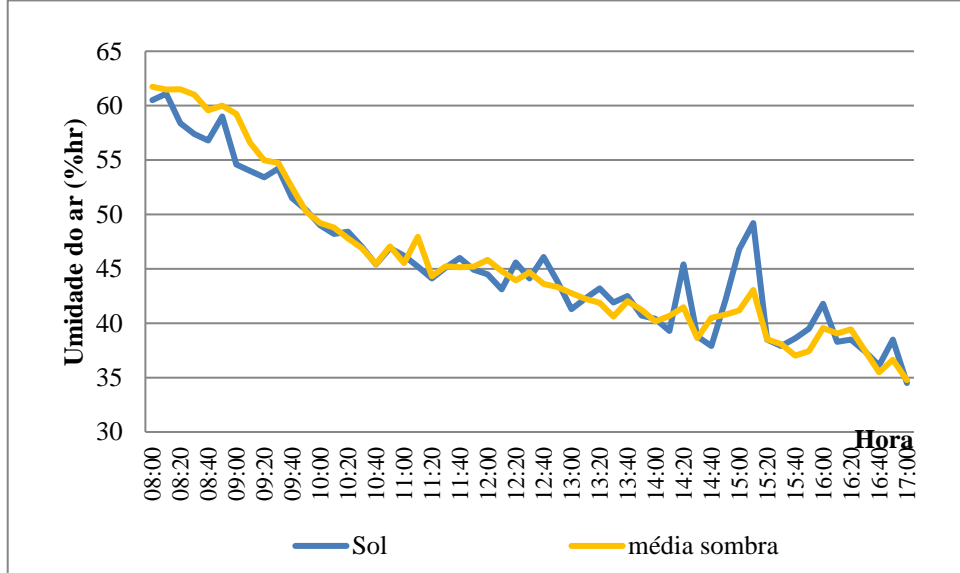


Figura 43: Umidade relativa do ar - agrupamento - outono 2017

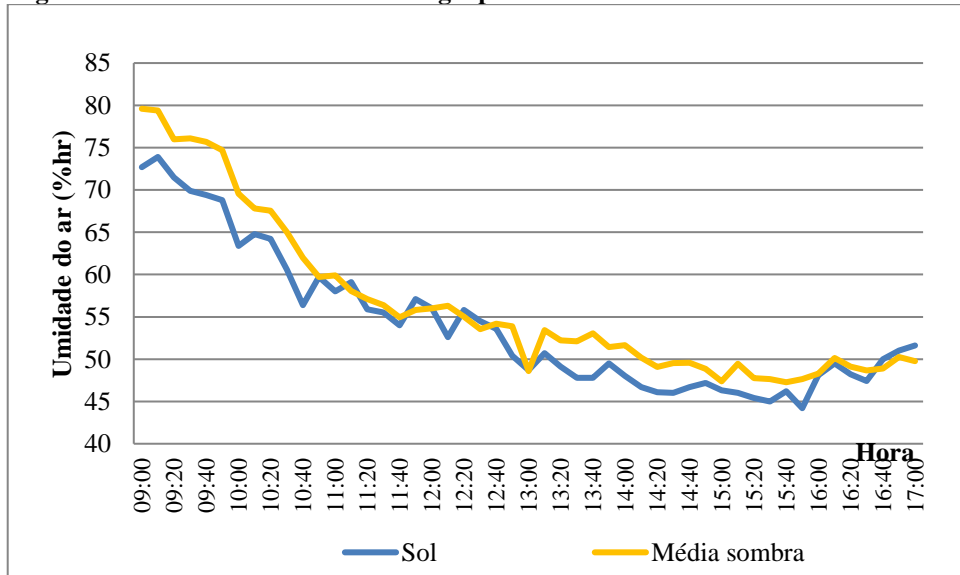
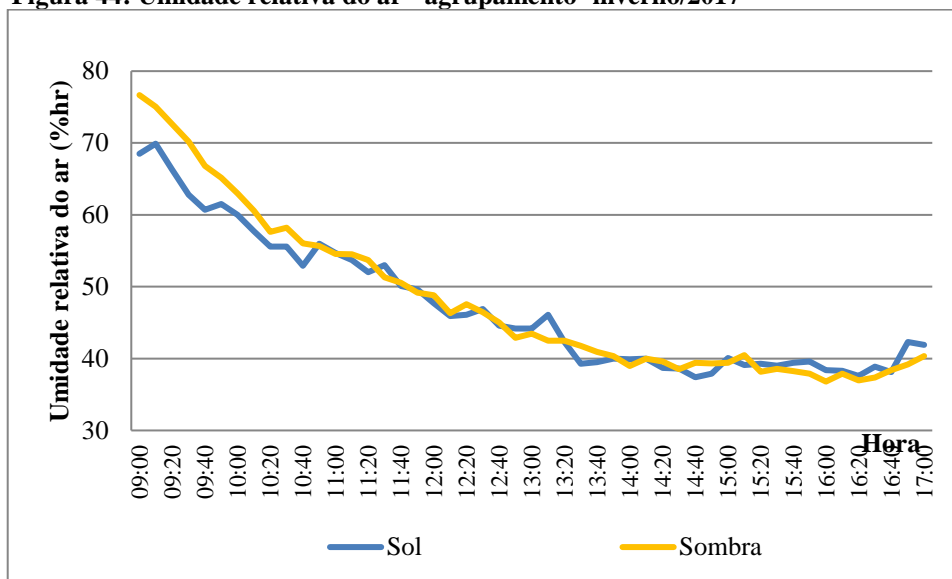


Figura 44: Umidade relativa do ar - agrupamento- inverno/2017

Nos gráficos de umidade relativa do ar, verifica-se que as curvas obtidas no conjunto apresentam umidade mais elevada pela manhã, com tendência de queda ao longo do dia no verão. No outono e inverno, exibem umidade mais elevada no início do período, queda ao longo do dia e elevação ao final da tarde, com pequenas diferenças em alguns momentos nos dados obtidos ao sol ou à sombra das palmeiras, mas na maior parte do tempo tendem a se igualar.

5.1.5. Velocidade do ar

Os resultados obtidos nas palmeiras isoladas são apresentados nas Figuras 45, 46, 47 e 48.

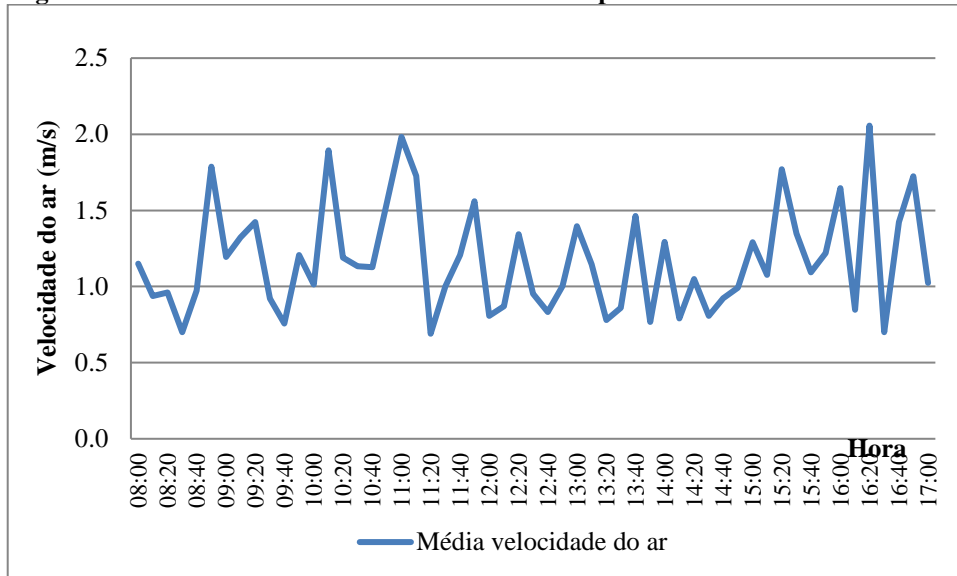
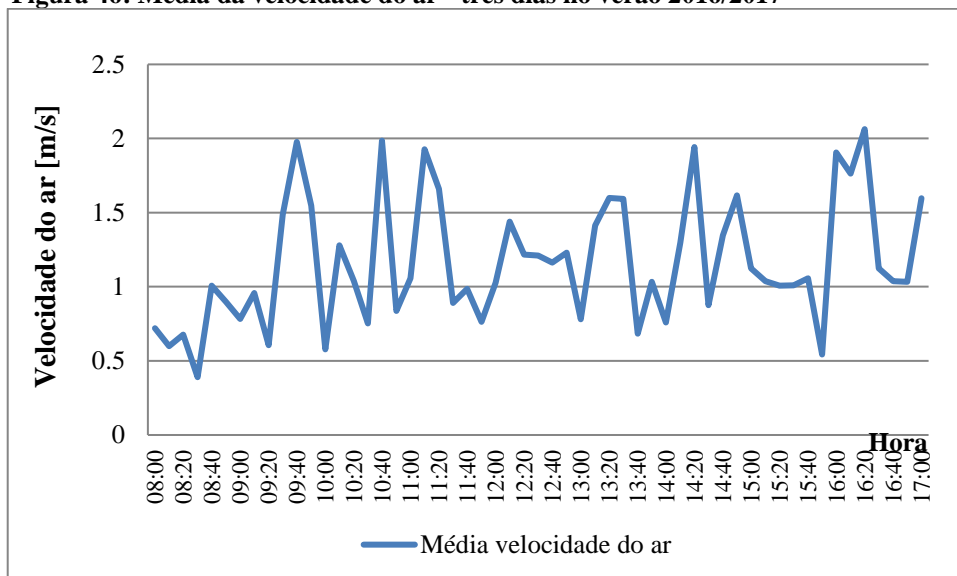
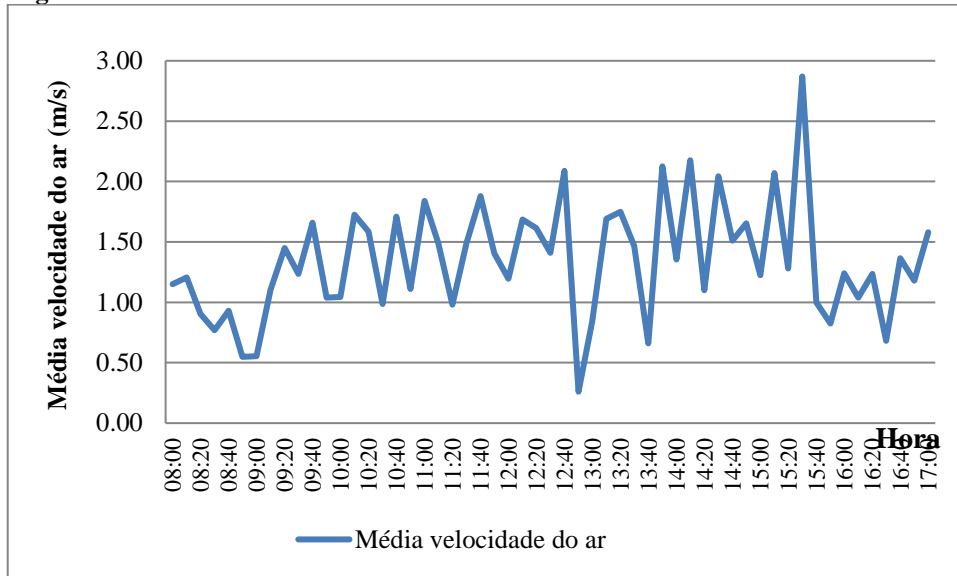
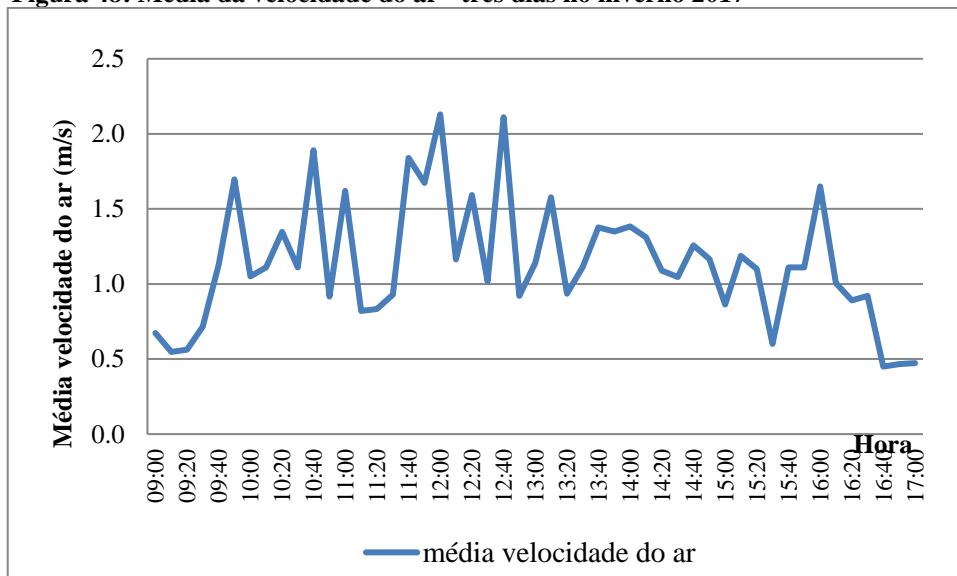
Figura 45: Média da velocidade do ar - três dias na primavera/2016**Figura 46: Média da velocidade do ar - três dias no verão 2016/2017**

Figura 47: Média da velocidade do ar - dois dias no outono/2017**Figura 48: Média da velocidade do ar - três dias no inverno 2017**

Houve variação da velocidade do ar em todas medições, nas quatro estações estudadas.

No conjunto de palmeiras, nas três estações estudadas, também houve variação da velocidade do ar, como mostram as Figuras 49, 50 e 51.

Figura 49: Velocidade do ar - agrupamento - verão 2016/2017

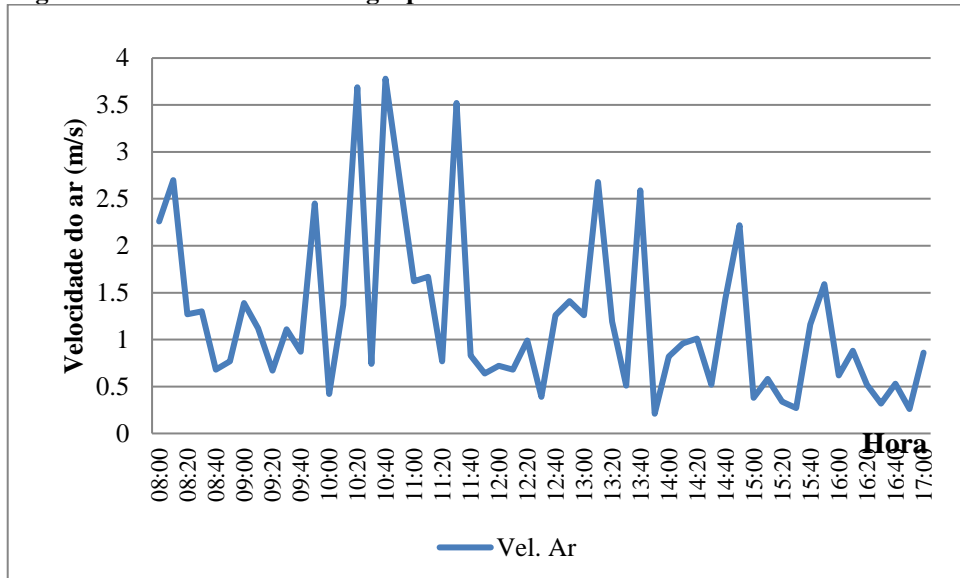


Figura 50: Velocidade do ar - agrupamento - outono/2017

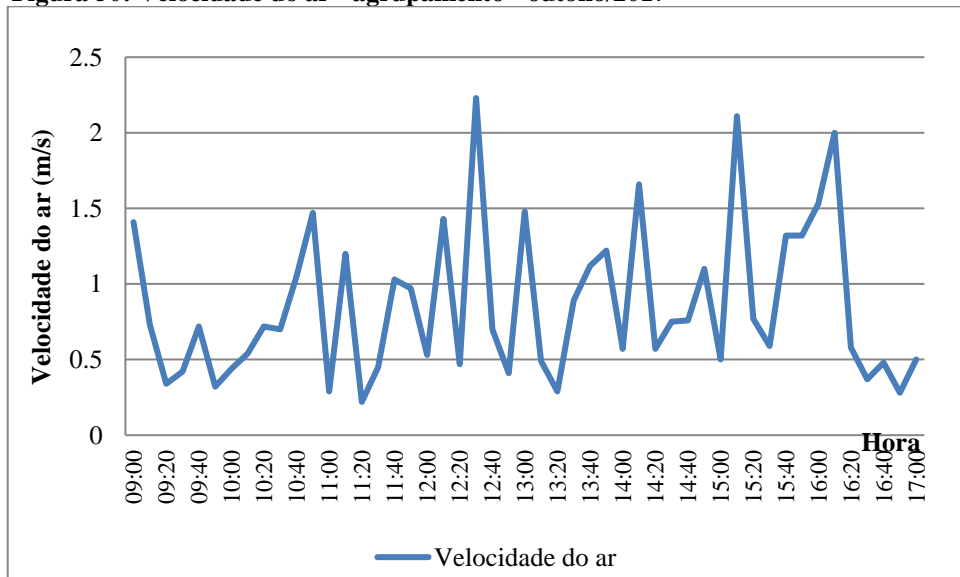
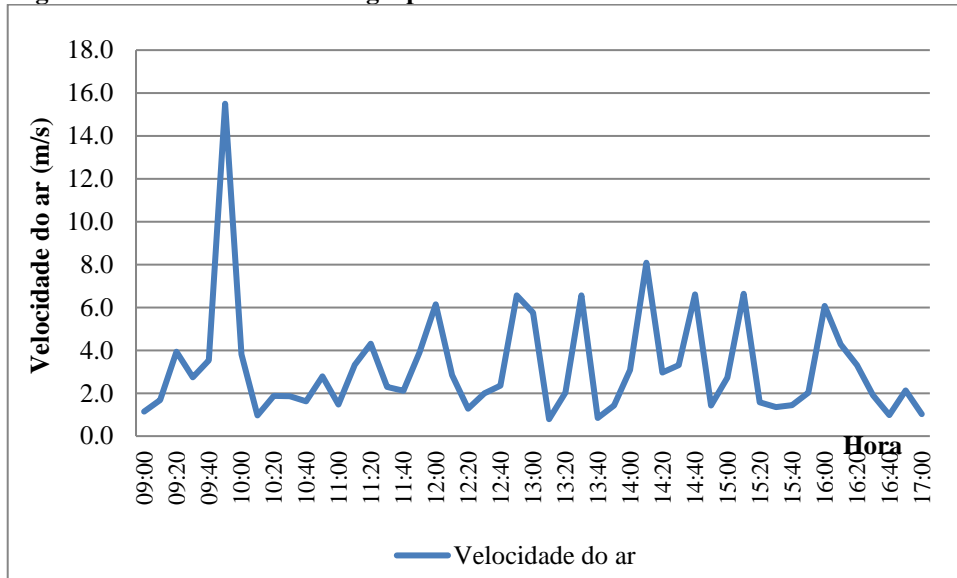


Figura 51: Velocidade do ar - agrupamento - inverno/2017

5.1.6. Temperatura radiante média

A temperatura radiante média calculada nas palmeiras isoladas, cujas curvas evidenciam a repetição do comportamento das curvas referentes à temperatura de globo e à radiação solar, medidas ao sol e à sombra de cada palmeira são apresentadas nas figuras 52, 53, 54 e 55.

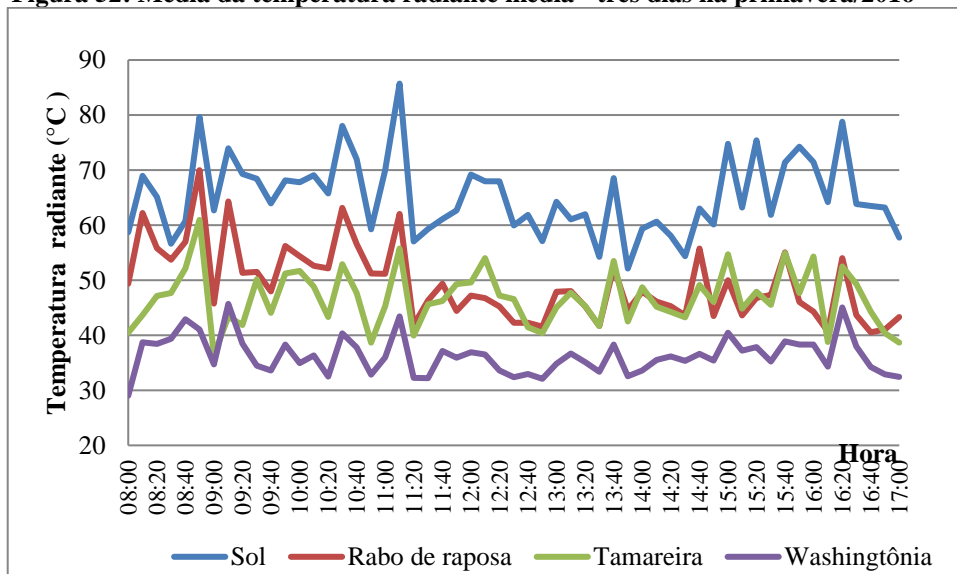
Figura 52: Média da temperatura radiante média - três dias na primavera/2016

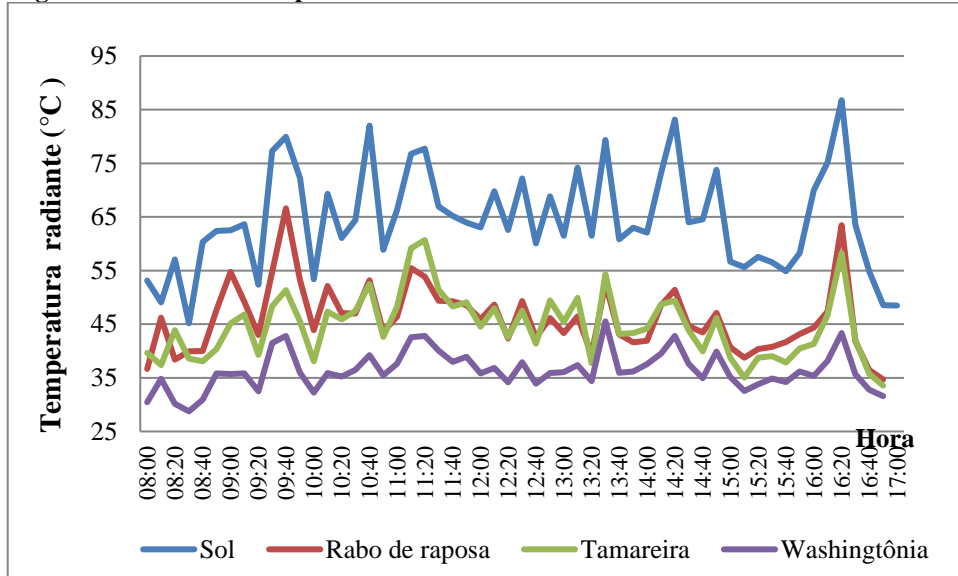
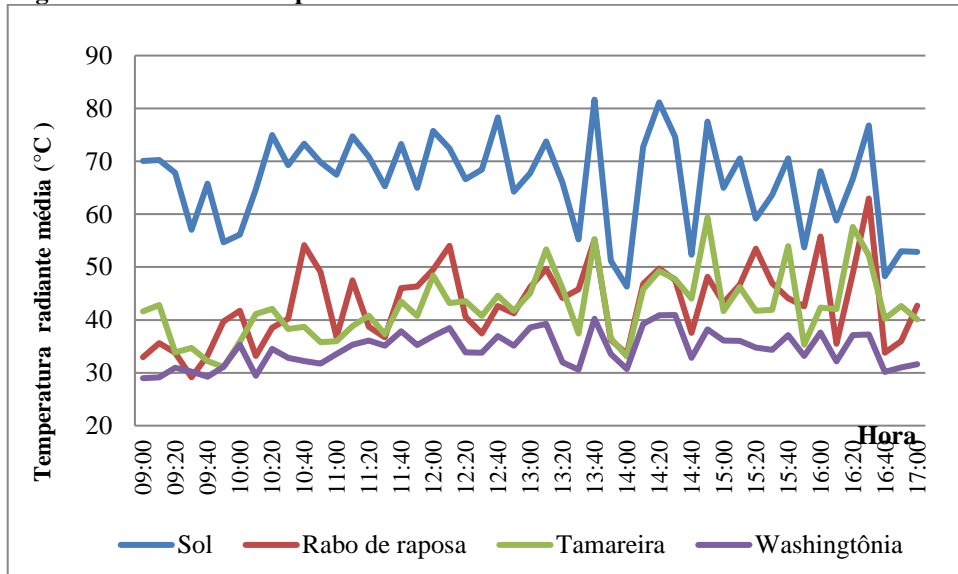
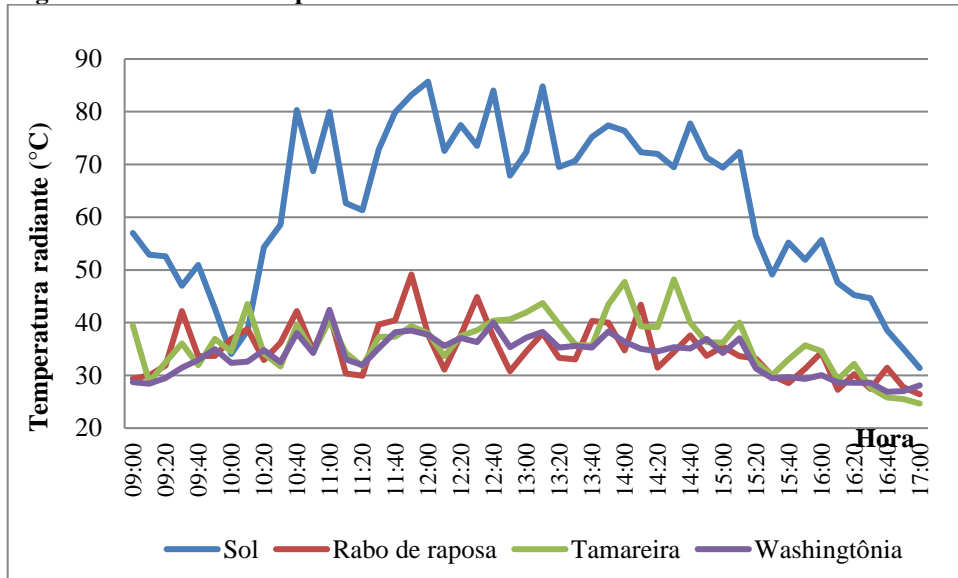
Figura 53: Média da temperatura radiante média - três dias no verão 2016/2017**Figura 54: Média da temperatura radiante média - dois dias no outono 2017**

Figura 55: Média da temperatura radiante média - três dias no inverno / 2017



Pode-se observar que a temperatura radiante média calculada no conjunto, vista nas Figuras 56, 57 e 58, apresentou comportamento coerente com a temperatura de globo e com a radiação solar medidas ao sol e à sombra do conjunto de palmeiras.

Figura 56: Temperatura radiante média - agrupamento - verão 2016/2017

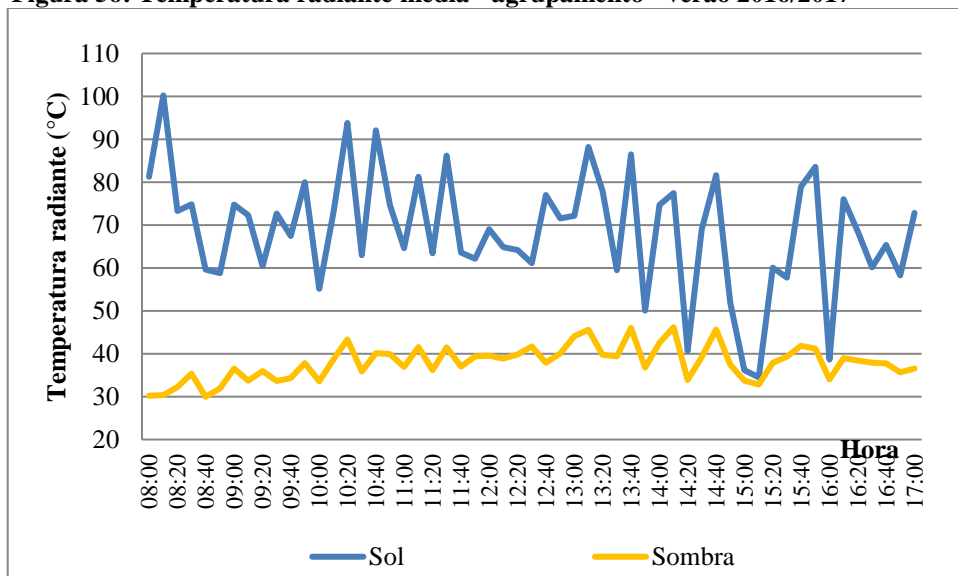
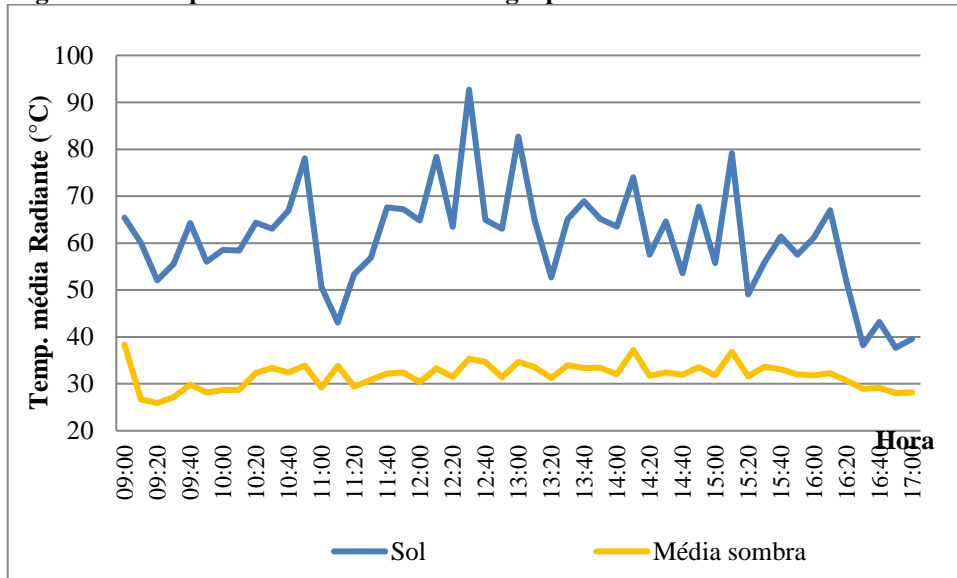
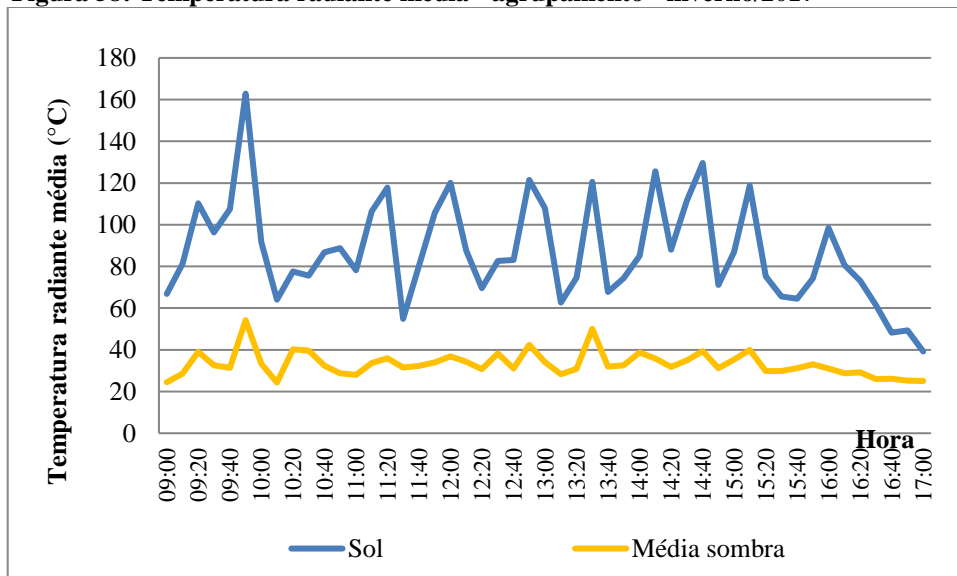


Figura 57: Temperatura radiante média - agrupamento - outono/2017**Figura 58: Temperatura radiante média - agrupamento - inverno/2017**

5.1.7. Atenuação da radiação solar incidente e variação relativa da temperatura radiante média

As Tabelas 10, 11, 12 e 13 apresentam os valores da variação da temperatura média radiante, os valores de energia total incidente, o percentual de atenuação da radiação

solar em cada posição (ao sol e à sombra das palmeiras), nas palmeiras isoladas, para os períodos analisados e o erro padrão das médias das atenuações (α).

Tabela 10: Atenuação da radiação solar e variação da T_{rm} , por tipo de Palmeira, na primavera/2016

PALMEIRA	VARIAÇÃO DE T_{rm} (%)	ENERGIA TOTAL INCIDENTE (kW.h/m ²)		ATENUAÇÃO (%)	ERRO PADRÃO α (%)
		SOMBRA	SOL		
Washingtonia	44,3	1,63		71,5	0,5
Tamareira	28,4	2,64	5,71	53,8	1,07
Rabo de Raposa	24,4	2,84		50,3	0,96

Como se observa, na primavera a palmeira Washingtonia apresentou maior atenuação de radiação solar, com 71,5%, seguida pela Tamareira com 53,8% e por último a Rabo de Raposa com 50,3%, conforme Tabela 10.

Tabela 11: Atenuação da radiação solar e variação da T_{rm} , por tipo de Palmeira, no verão 2016/2017

PALMEIRA	VARIAÇÃO DE T_{rm} (%)	ENERGIA TOTAL INCIDENTE (kW.h/m ²)		ATENUAÇÃO (%)	ERRO PADRÃO α (%)
		SOMBRA	SOL		
Washingtonia	43,7	1,35		75,4	0,41
Tamareira	31,1	2,30	5,50	58,1	0,88
Rabo de Raposa	28,8	2,47		55,0	1,10

No verão, a atenuação da radiação solar foi mais significativa quando comparada aos resultados apresentados na primavera. A Washingtonia manteve sua capacidade de atenuação solar maior, apresentando 75,4%, seguida pela Tamareira com 58,1% e por último a Rabo de Raposa com 55%, conforme Tabela 11.

Tabela 12: Atenuação da radiação solar e variação da Trm, por tipo de Palmeira, no outono/2017

PALMEIRA	VARIAÇÃO DE Trm (%)	ENERGIA TOTAL INCIDENTE (kW.h/m ²)		ERRO PADRÃO
		SOMBRA	SOL	ATENUAÇÃO (%) α (%)
Washingtônia	47,61	0,88		81,3 0,31
Tamareira	39,92	1,57	4,74	67,0 0,61
Rabo de Raposa	37,56	1,44		69,6 0,73

No outono, a Washingtônia teve 81,3% de atenuação solar, a Rabo de Raposa apresentou 69,6% e a Tamareira, 67,0%, conforme Tabela 12.

A atenuação da radiação solar no inverno foi relevante como na estação anterior. A Washingtônia se destacou na capacidade de atenuação solar maior, apresentando 80,3%, seguida pela Rabo de Raposa com 63,1% e pela Tamareira com 60,9%, conforme Tabela 13.

Tabela 13: Atenuação da radiação solar e variação da Trm, por tipo de Palmeira, no inverno/2017

PALMEIRA	VARIAÇÃO DE Trm (%)	ENERGIA TOTAL INCIDENTE (kW.h/m ²)		ERRO PADRÃO
		SOMBRA	SOL	ATENUAÇÃO (%) α (%)
Washingtônia	46,30	0,74		80,3 0,21
Tamareira	42,51	1,47	3,77	60,9 0,88
Rabo de Raposa	44,66	1,39		63,1 0,94

As Tabelas 14, 15 e 16 exibem os valores da variação da temperatura média radiante, os valores de energia total incidente, o percentual de atenuação da radiação solar apresentado pelo agrupamento de palmeiras Livistona (ao sol e à sombra das palmeiras) para o período analisado e o erro padrão das médias das atenuações (α).

Tabela 14: Atenuação da radiação solar e variação da Trm, conjunto de palmeiras, no verão 2016/2017

PALMEIRA	VARIAÇÃO DE Trm (%)	ENERGIA TOTAL INCIDENTE (kW.h/m ²)		ATENUAÇÃO (%)	ERRO PADRÃO α (%)
		SOMBRA	SOL		
Livistona	44,8	0,83	6,06	86,3	0,4

Analisando-se os resultados no agrupamento de palmeiras Livistona, pode-se observar que, no verão, a atenuação da radiação solar foi bastante significativa, com 86,3%, valor superior as espécies estudadas isoladamente, conforme Tabela 14, assim como no outono e no inverno, que apresentaram atenuação solar de 85,1% e 86,4% respectivamente, de acordo com as Tabelas 15 e 16.

Tabela 15: Atenuação da radiação solar e variação da Trm, conjunto de palmeiras, no outono/2017

PALMEIRA	VARIAÇÃO DE Trm (%)	ENERGIA TOTAL INCIDENTE (kW.h/m ²)		ATENUAÇÃO (%)	ERRO PADRÃO α (%)
		SOMBRA	SOL		
Livistona	47,85	0,57	3,83	85,1	0,31

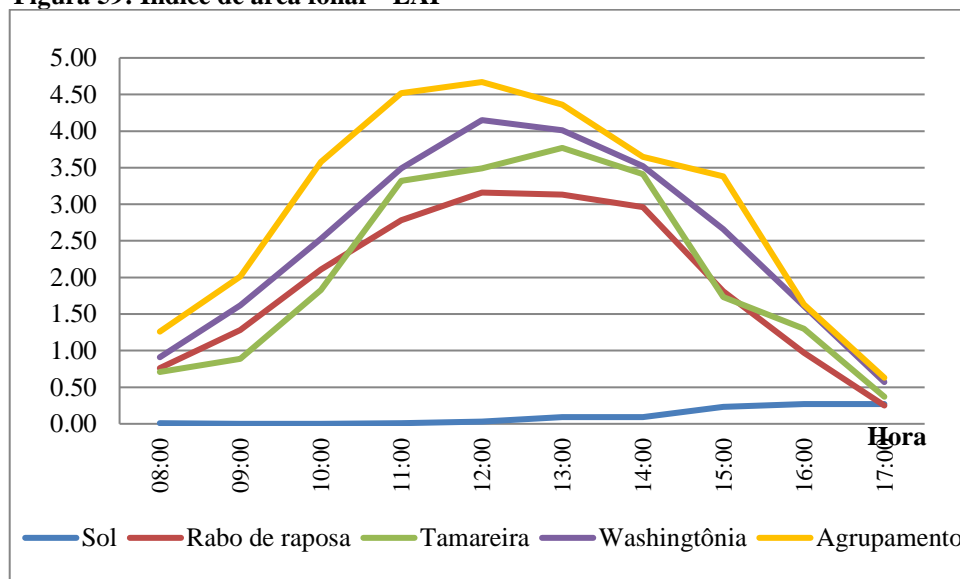
Tabela 16: Atenuação da radiação solar e variação da Trm, conjunto de palmeiras, no inverno/2017

PALMEIRA	VARIAÇÃO DE Trm (%)	ENERGIA TOTAL INCIDENTE (kW.h/m ²)		ATENUAÇÃO (%)	ERRO PADRÃO α (%)
		SOMBRA	SOL		
Livistona	61,89	0,52	3,84	86,4	0,33

5.2. Índice de área foliar

O Índice de área foliar está representado graficamente na Figura 59.

Figura 59: Índice de área foliar - LAI



Com relação à área foliar medida, ao analisar os dados obtidos, verifica-se que entre as espécies estudadas, aquela que apresenta o maior resultado é o agrupamento de palmeiras *Livistona* (*Livistona saribus* (Loureiro) Merrill ex. A. Chevalier), com índice médio diário de 2,97, seguido pela *Washingtonia* (*Washingtonia robusta* H. Wendl), com índice médio diário de 2,51. A *Tamareira* (*Phoenix dactylifera* L) apresenta o índice médio diário de 2,08 e a espécie com o menor valor foi a *Rabo de Raposa* (*Wodyetia bifurcata* Irvine) com 1,92 de índice médio diário, conforme mostra a Tabela 17.

Tabela 17: LAI – valores horários e média diária

Hora	LAI Sol	LAI Rabo de Raposa	LAI Tamareira	LAI Washingtonia	LAI Agrupamento
08:00	0,01	0,76	0,71	0,91	1,26
09:00	0,00	1,28	0,89	1,62	2,01
10:00	0,00	2,11	1,83	2,53	3,58
11:00	0,01	2,78	3,32	3,49	4,52
12:00	0,03	3,16	3,49	4,15	4,67
13:00	0,09	3,13	3,77	4,01	4,36
14:00	0,09	2,96	3,41	3,52	3,65
15:00	0,23	1,81	1,73	2,66	3,38
16:00	0,27	0,97	1,30	1,61	1,63
17:00	0,27	0,25	0,37	0,57	0,63
Média	0,10	1,92	2,08	2,51	2,97

Comparando-se todos os resultados obtidos do Índice de área foliar (LAI) com a atenuação da radiação solar das palmeiras estudadas, observa-se a coerência do indicador com os resultados para a atenuação da radiação solar.

5.3. Conforto térmico

5.3.1. Índice PET para as quatro estações do ano

Os resultados de PET nas quatro estações do ano, obtidos por meio de cálculo para as palmeiras isoladas e para o agrupamento de palmeiras, são mostrados graficamente nas figuras 60, 61, 62, 63, 64, 65 e 66.

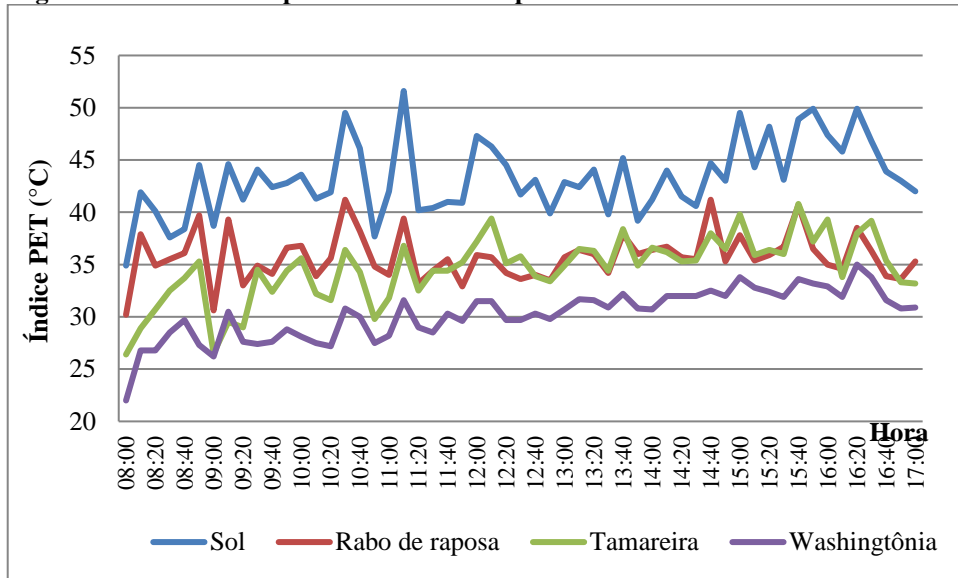
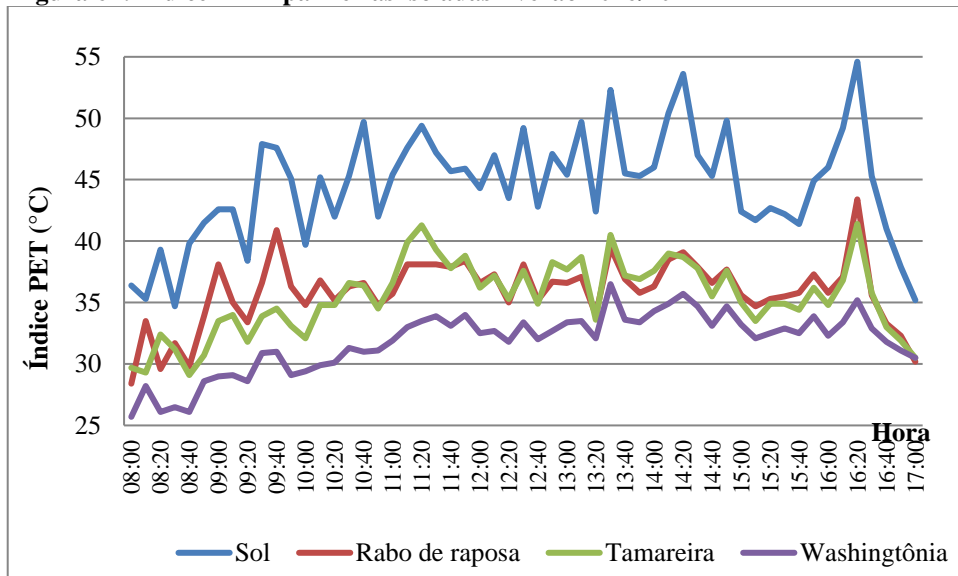
Figura 60: Índice PET- palmeiras isoladas - primavera/2016**Figura 61: Índice PET- palmeiras isoladas - verão 2016/2017**

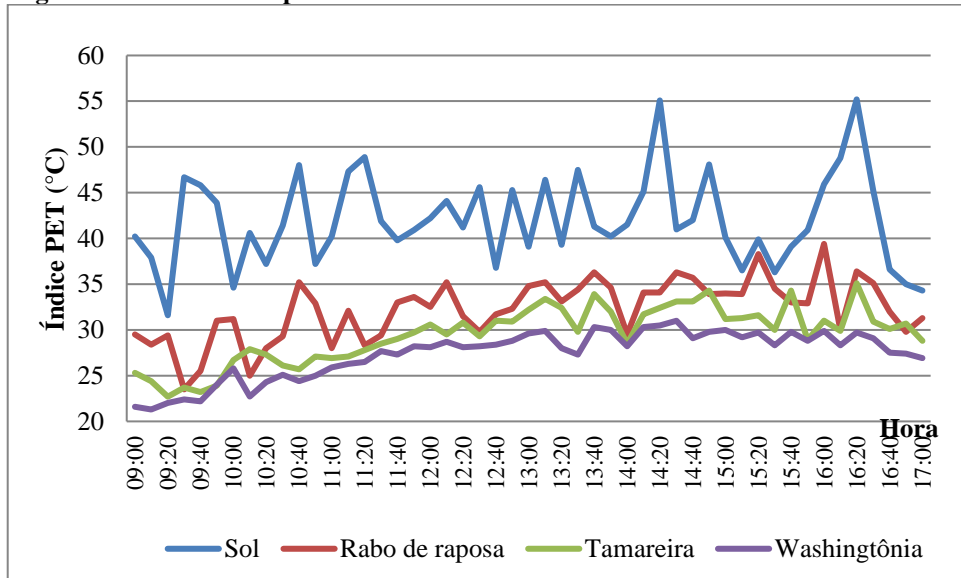
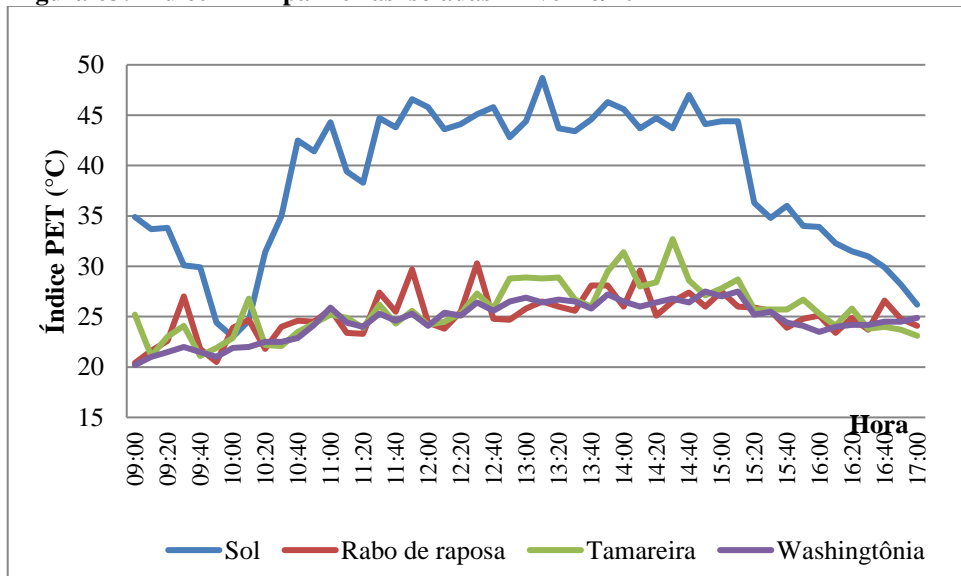
Figura 62: Índice PET- palmeiras isoladas - outono/2017**Figura 63: Índice PET- palmeiras isoladas - inverno/2017**

Figura 64: Índice PET - agrupamento - verão 2016/2017

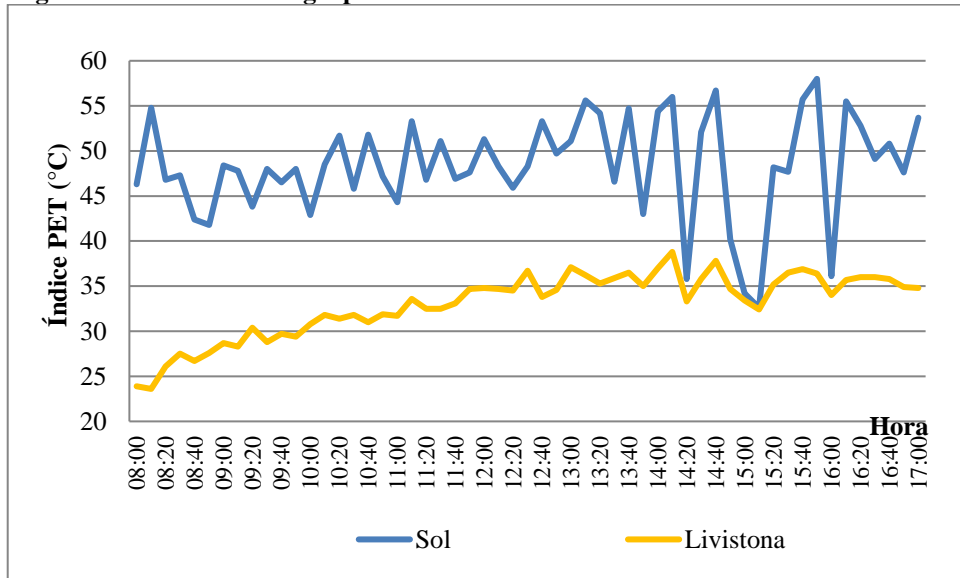


Figura 65: Índice PET - agrupamento - outono/2017

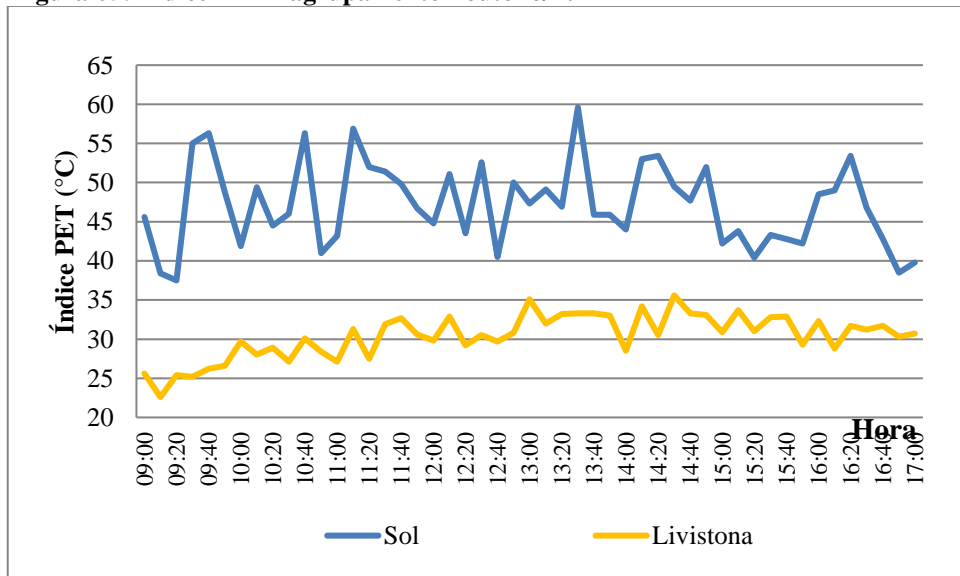
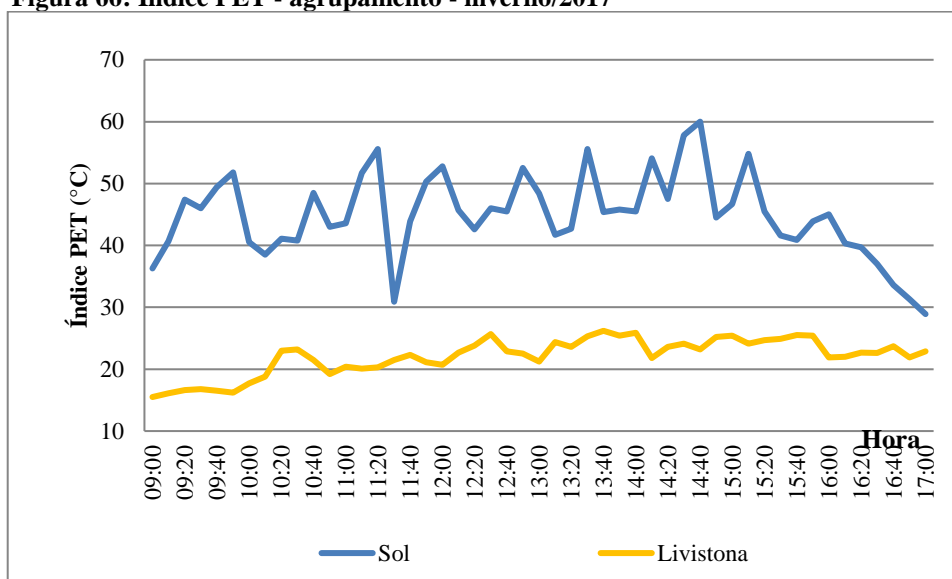


Figura 66: Índice PET - agrupamento - inverno/2017

Para uma análise mais clara dos resultados obtidos, foi elaborada a Tabela 18, que expõe para cada palmeira, ao sol e à sombra, em cada estação do ano, qual apresentou maior e menor média da Temperatura Fisiológica Equivalente (PET), um indicador de conforto térmico.

Tabela 18: Média PET ao sol e à sombra das palmeiras, nas quatro estações

Tabela 10: Média PET do solo à sombra das palmeiras, nas quatro estações				
Estação	Palmeiras	Média PET (°C)		Gradiente (°C)
		Sombra	Sol	
Primavera	Rabo de Raposa	35,76	43,3	7,6
	Tamareira	34,64		8,66
	Washingtonia	30,25		13,05
	Conjunto	Não houve coleta de dados		
Verão	Rabo de Raposa	35,91	44,50	8,59
	Tamareira	35,44		9,06
	Washingtonia	31,83		12,67
	Conjunto	33,05	48,35	15,3
Outono	Rabo de Raposa	32,22	42,03	9,81
	Tamareira	29,50		12,53
	Washingtonia	27,38		14,65
	Conjunto	30,41	47,16	16,75
Inverno	Rabo de Raposa	25,16	38,61	13,45
	Tamareira	25,7		12,91
	Washingtonia	24,66		13,95
	Conjunto	22,10	44,97	22,87

Verifica-se que a menor média do índice PET ao sol, 38,61, foi observada no inverno, possivelmente devidos aos baixos valores de temperatura do ar e temperatura radiante média obtidos para esta estação.

A maior média do índice PET ao sol, 48,35°C, foi obtida no verão, provavelmente por influência dos valores mais altos de temperatura radiante média calculados para esta estação.

A menor média do índice PET encontrada à sombra, 22,10°C, foi obtida nas Livistonas no inverno.

Para as espécies isoladas, a menor média do índice PET, 24,66°C, obtida à sombra, foi constatada na Washingtônia, no inverno, coerente com os baixos valores encontrados para a temperatura radiante média.

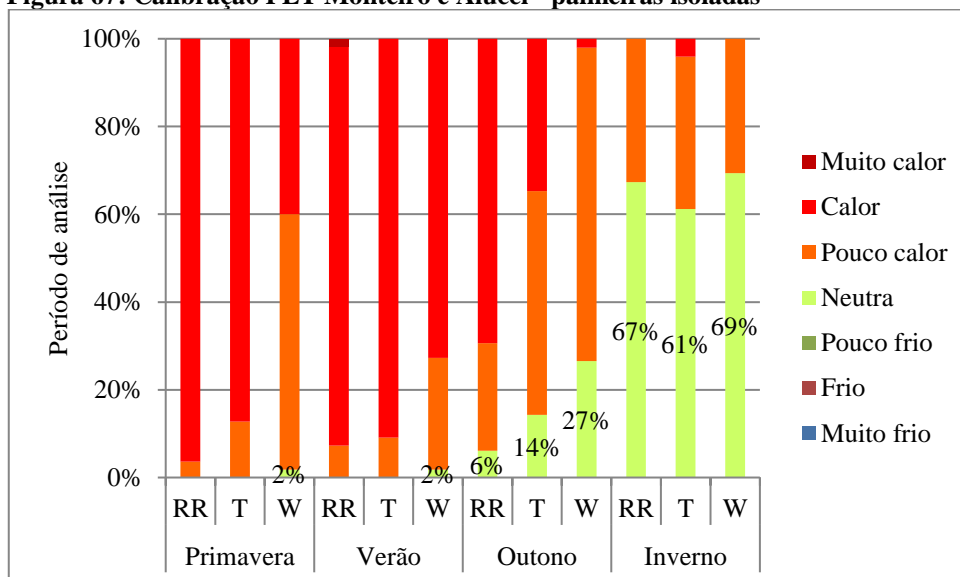
A maior média PET obtida para a sombra nas espécies isoladas, 35,91°C, foi constatada na Rabo de Raposa, no verão. Na primavera, a média mais alta foi a da Rabo de Raposa, com 35,76°C.

5.3.2. Análise do percentual de conforto térmico pelo índice PET

Considerando-se o reconhecimento da importância das questões de aclimação, como não há calibração específica para a cidade de Campinas, para a análise do percentual de conforto térmico proporcionado pelas palmeiras estudadas, utilizou-se a calibração do índice PET para a realidade brasileira, em São Paulo - SP, proposta por Monteiro e Alucci (2008) e a calibração PET para Belo Horizonte - MG, produzida por Hirashima, (2010). Assim como Campinas, essas duas cidades são classificadas como clima Tropical de Altitude, e encontram-se na Zona Bioclimática 3, segundo a NBR 15220 (Desempenho térmico de edificações) com características homogêneas quanto aos elementos climáticos que interferem nas relações entre ambiente e conforto humano.

A calibração do índice PET para a realidade de São Paulo - SP, proposta por Monteiro e Alucci (2008), foi utilizada para as palmeiras isoladas e é mostrada na Figura 67.

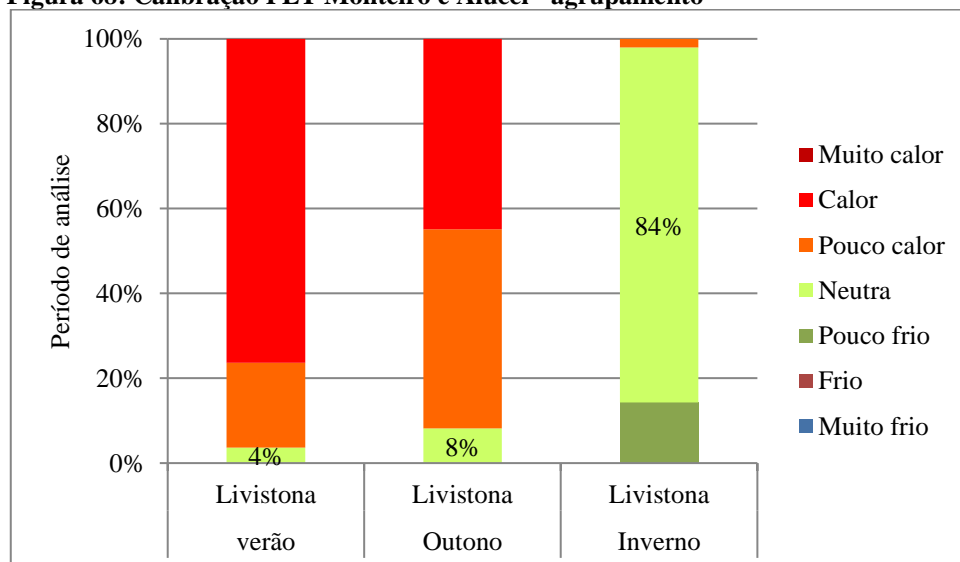
Figura 67: Calibração PET Monteiro e Alucci - palmeiras isoladas



Nota: RR – Rabo de Raposa; T – Tamareira; W - Washingtonia

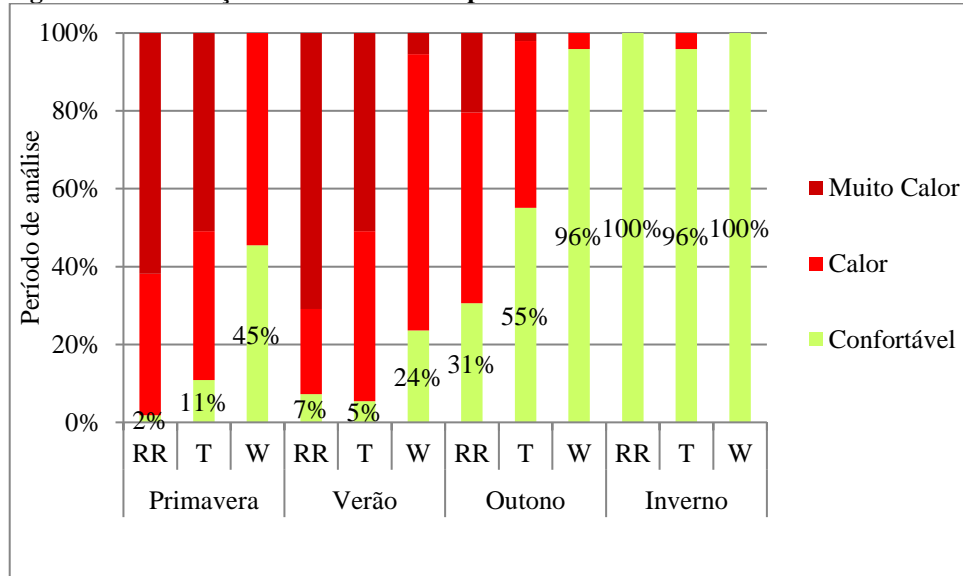
A calibração do índice PET referente ao conforto térmico calculado para o agrupamento de palmeira, proposta por Monteiro e Alucci (2008), para a realidade de São Paulo - SP, é exibida na Figuras 68.

Figura 68: Calibração PET Monteiro e Alucci - agrupamento



A Figura 69 apresenta o conforto calculado nas palmeiras isoladas, utilizando a calibração PET produzida por Hirashima, (2010), para Belo Horizonte - MG.

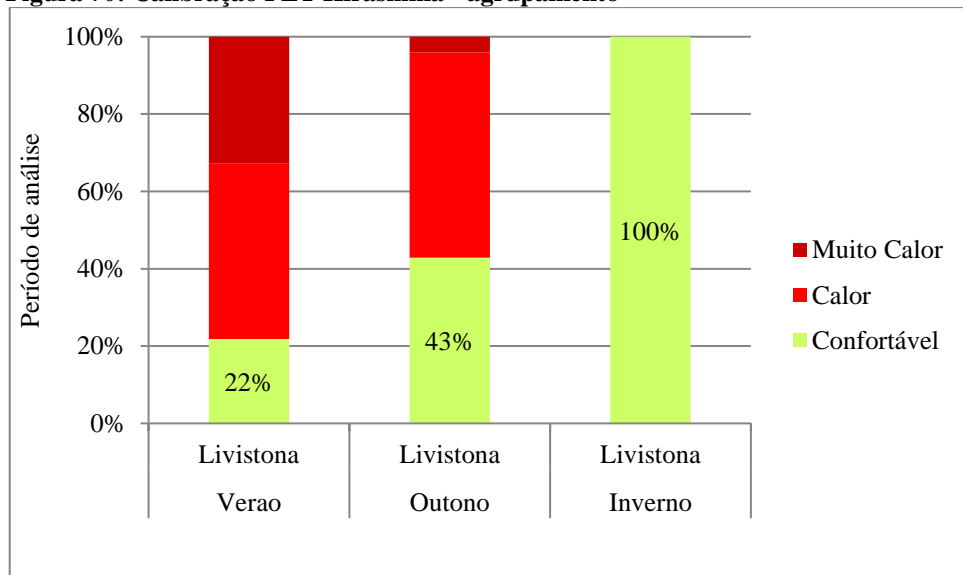
Figura 69: Calibração PET Hirashima - palmeiras isoladas



Nota: RR – Rabo de Raposa; T – Tamareira; W - Washingtonia

O conforto calculado para o agrupamento de palmeiras, utilizando a calibração PET produzida por Hirashima, (2010), para Belo Horizonte – MG, é mostrado na Figura 70.

Figura 70: Calibração PET Hirashima - agrupamento



6. Discussão dos resultados

Neste trabalho, observou-se a influência das palmeiras no microclima pelo método da atenuação de radiação solar incidente, em diferentes estações.

Importante ressaltar que os resultados obtidos estão relacionados com as condições e o porte das palmeiras ainda jovens, e que essas espécies, quando adultas, poderão apresentar um maior número de folhas, alturas de estipe mais elevadas, copas mais volumosas, podendo-se inferir que, com essas alterações na estrutura das plantas, os resultados serão distintos dos pesquisados nesse estudo.

Na primavera, observou-se que a palmeira Washingtonia apresentou melhor desempenho quanto à atenuação de radiação solar, com 71,5%, seguida pela Tamareira com 53,8% e por último a Rabo de Raposa com 50,3%.

No verão, pode-se observar um resultado muito similar aos resultados apresentados pelas palmeiras na primavera, porém mais significativo. A Washingtonia mostrou a maior atenuação solar, 75,4%, seguida pela Tamareira com 58,1% e por último a Rabo de Raposa com 55%.

No outono, a palmeira Washingtonia apresentou o melhor desempenho quanto à atenuação de radiação solar, com 81,3%, seguida pela Rabo de Raposa com 69,6% e por último a Tamareira com 67,0%.

Os resultados obtidos no inverno seguem o mesmo padrão do outono, com a Washingtonia apresentando a maior atenuação de radiação solar, com 80,3%, seguida pela Rabo de Raposa com 63,1% e por último a Tamareira com 60,9%, como mostra a Tabela 19.

Tabela 19: Atenuação da radiação solar incidente por estação

Estação do ano	Washingtonia	Rabo de Raposa	Tamareira
Primavera	71,5%	50,3%	53,8%
Verão	75,4%	55,0%	58,1%
Outono	81,3%	69,6%	67,0%
Inverno	80,3%	63,1%	60,9%

Dentre as espécies de palmeiras isoladas pesquisadas, nas quatro estações analisadas, a Washingtonia apresentou a mais elevada atenuação de radiação solar. Os valores por ela apresentados, podem ser comparados aos resultados das espécies arbóreas Tipuana (*Tipuana tipu*), com 76,3% de atenuação, estudada por Abreu-Harbich, Labaki e Matzarakis (2015) e o Ipê Roxo (*Tabebuia impetiginosa*), com 75,6% de atenuação, pesquisada por Bueno-Bartholomei (2003).

Por outro lado, na pesquisa do agrupamento de palmeiras, os resultados da atenuação solar da Livistona, no verão, no outono e no inverno foram, respectivamente, 86,33%, 85,08% e 86,41%, valores que podem ser comparados àqueles das espécies arbóreas Chuva de Ouro (*Cassia fistula*), com 87,3%, Jatobá (*Hymenaea courbaril*), com 87,2%, Ficus (*Ficus benjamina*), com 86,3%, Magnólia Amarela (*Michelia champacca*), com 82,4% e a Pata-de-vaca (*Bauhinia forficata*), com 81,7% de atenuação, pesquisadas por Bueno-Bartholomei (2003).

Apesar de árvores e palmeiras serem espécies diferentes quanto à estrutura, à forma, ao tamanho de copa e aos tipos de folhas, o resultado da atenuação solar das palmeiras Washingtonia e Livistona é próximo aos valores apresentados pelas espécies arbóreas utilizadas como paridade.

No entanto, não se pode confundir percentual de atenuação solar com conforto térmico proporcionado por diferentes espécies vegetais. Na análise do conforto térmico, deve-se considerar as características inerentes às espécies utilizadas na arborização urbana tais como, forma, tamanho e densidade de folhas. Presume-se que os indivíduos perenifólios, de folhas largas, de arquitetura arbórea aberta, copas amplas e projeção de sombra maior, proporcionem um sombreamento mais eficiente e resultem em maior conforto térmico quando comparados a indivíduos de menor porte, folhas de menor densidade, caducifólios e copas de menor diâmetro.

Comparando-se os resultados das médias das Temperaturas do ar (T_a) obtidas à sombra de cada palmeira isolada e ao Sol, nas quatro estações, observou-se que as diferenças foram inferiores a 1°C, o que mostra que a sombra das palmeiras não trouxe redução significativa da temperatura do ar. Essa diferença de aproximadamente 1°C entre as médias

diárias das temperaturas ao sol e à sombra também pode-se verificar no estudo de Labaki *et al.* (2011) para outras espécies arbóreas.

No agrupamento de palmeiras Livistona, a redução da temperatura do ar à sombra foi mais significativa que a apresentada nas palmeiras isoladas. No verão houve uma diferença média de 1,2°C entre as medições ao sol e à sombra, apontando em alguns momentos diferença de até 2,4°C. No outono, a diferença média entre a temperatura do ar ao sol e à sombra foi de 1,7°C, tendo atingido 2,6°C de diferença máxima. No inverno, houve uma diferença média de 1,0°C na temperatura do ar entre as posições sol e sombra, tendo alcançado a diferença máxima de até 2,4°C.

Verificou-se, com relação à umidade relativa do ar, que as curvas apresentaram resultados previstos durante o período de análise: umidade mais elevada pela manhã, com tendência de queda ao longo do dia e elevação ao final da tarde, com diferenças pouco significativas nos dados obtidos ao sol ou à sombra no agrupamento e nas palmeiras isoladas.

Observou-se uma importante relação entre Índice de área foliar (LAI) e o efeito de atenuação da radiação solar. Entre todas as espécies estudadas, aquela que exibiu melhor desempenho quanto à atenuação solar foi a que apresentou o maior LAI, a Livistona. Do mesmo modo, ficou evidente a correlação entre os dois fatores no estudo das espécies isoladas, sendo que entre elas, a Washingtonia mostrou o maior índice de área foliar e a maior atenuação da radiação solar, conforme Tabela 20.

Tabela 20: Correlação entre a média LAI e a Atenuação da Radiação Solar

Palmeira		Rabo de Raposa	Tamareira	Washingtonia	Agrupamento
Média LAI		1,92	2,08	2,51	2,97
Atenuação (%)	Primavera	50,3	53,8	71,5	---
	Verão	55,0	58,1	75,4	86,3
	Outono	69,6	67,0	81,3	85,1
	Inverno	63,1	60,9	80,3	86,4

De acordo com o Índice de Conforto Térmico PET, as espécies de palmeiras apresentaram, à sombra, médias de PET para as quais as sensações térmicas correspondentes estavam contidas nos intervalos: confortável, ligeiramente quente, moderadamente quente e

calor forte. A Washingtônia destacou-se como a espécie que apresentou a menor média do PET, nas quatro estações do ano, proporcionando maior tempo de conforto térmico que as demais espécies, segundo as duas calibrações utilizadas.

Analisando o percentual de conforto térmico proporcionado pelas palmeiras pesquisadas, pelo método de Monteiro e Alucci, (2008), constatou-se que, na primavera, a Washingtônia apresentou 2% de conforto no período analisado. No verão, a Washingtônia apresenta 2% de conforto e o agrupamento de Livistonas aparece com 4%. Em contrapartida, nessas duas estações, na calibração considerada, as espécies Tamareira e Rabo de Raposa apresentaram as piores condições, não proporcionando conforto térmico. No outono a Washingtônia proporciona 27%, a Tamareira 14% e a Rabo de Raposa 6%. O agrupamento, num dia de temperatura mais elevada, aparece com 8% de conforto. No inverno, obteve-se 69% na Washingtônia, 61% na Tamareira e 67% na Rabo de Raposa. Nas Livistonas, 84% do período foi de conforto, observando-se nessa estação um pequeno período, 14%, de sensação térmica “pouco frio”.

Considerando o conforto térmico pela calibração de Hirashima, concluiu-se que, na primavera, a Washingtônia apresentou as melhores condições de conforto, com 45% do período estudado, a Tamareira 11% e a Rabo de Raposa 2%. No verão, a Washingtônia apresentou 24% de conforto, seguida pela Rabo de Raposa com 7% e a Tamareira com 5%; a Livistona aparece com 22%. No outono a Washingtônia se destacou com 96%, a Tamareira com 55% e a Rabo de Raposa com 31%; a Livistona apresentou 43% de conforto, ainda que em um dia de temperatura mais elevada. No inverno, tanto a Washingtônia como a Rabo de raposa proporcionaram 100% de conforto no período analisado, enquanto a Tamareira apresentou 96%; para a Livistona, nessa estação, considerou-se 100% do período como confortável.

Embora não se tenha considerado apropriado estabelecer comparação direta entre as palmeiras isoladas e o agrupamento de palmeiras, pois as medições ocorreram em dias diferentes, pode-se verificar um gradiente de 15,30°C no verão, 16,75°C no outono e 22,87°C no inverno, entre as médias de PET ao sol e à sombra do conjunto de Livistonas, superiores aos melhores resultados encontrados na Washingtônia nas estações estudadas.

Diante do exposto, sugere-se alguns trabalhos futuros:

- Pesquisa e levantamento em campo de dados de indivíduos das espécies já analisadas, isoladas e em agrupamentos, simultaneamente;
- Avaliação de outras espécies de palmeiras não analisadas nessa pesquisa, nativas ou exóticas, preferencialmente as primeiras;
- Pesquisa e levantamento de dados de diferentes configurações de agrupamentos;
- Avaliar o desempenho de palmeiras em áreas externas de residências unifamiliares;
- Calibração de índices térmicos como PET para Campinas, com base em pesquisas de campo e entrevistas.

7. Conclusões

O estudo realizado preenche uma lacuna nos trabalhos realizados sobre vegetação e conforto térmico, ao analisar, sob esse aspecto, a palmeira, com presença expressiva na arborização urbana no Brasil.

A partir dos resultados de medições em campo, dos cálculos de Temperatura Radiante Média, da Atenuação da Radiação Solar e do índice PET, conclui-se que o sombreamento por palmeiras pode favorecer significativamente o microclima de cidades tropicais.

Os parâmetros obtidos apontam que espécies de palmeiras com índice de área foliar mais elevado e maior atenuação da radiação solar são aquelas que mostram maior capacidade de redução da temperatura, com resultados satisfatórios nas sensações de conforto térmico no microclima urbano, evidenciando-se sua viabilidade na construção da paisagem urbana.

Quando bem utilizadas, pode-se tirar proveito dos atributos que as palmeiras oferecem para a criação dos efeitos desejados. As espécies de palmeiras analisadas foram capazes de mitigar a radiação solar e verificou-se a sua capacidade de melhoria do conforto térmico. Em regiões onde se pretende sombrear maiores áreas, pode-se agrupá-las de forma que suas folhas se sobreponham, aumentando seu potencial de arrefecimento.

O posicionamento de palmeiras em aléias pode promover a solução de sombreamento contínuo em calçadas estreitas, proporcionando sombra aos pedestres, principalmente nas horas mais quentes do dia. As fileiras de palmeiras também podem cumprir seu papel de atenuador solar ao lado de ciclovias, quando estas são implantadas em espaços reduzidos, que não possibilitam o plantio de árvores frondosas, com sistema radicular superficial.

8. Referências bibliográficas

- ABREU, L. V. Avaliação da escala de influência da vegetação no microclima por diferentes espécies arbóreas [dissertação]. **Campinas: Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Campinas**, 2008.
- ABREU, L. V. Contribuições das árvores para o bioclima térmico no desenho urbano em cidades tropicais: o caso de Campinas, SP. Campinas, 2012, 135 f. Tese (Doutorado em Arquitetura Tecnologia e Cidade) - Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas.
- ABREU, L. V.; LABAKI, L. C. Conforto térmico propiciado por algumas espécies arbóreas: avaliação do raio de influência através de diferentes índices de conforto. **Ambiente Construído**, v.10, n.4, p103-117, 2010.
- ABREU-HARBICH, L. V.; LABAKI, L.C.; MATZARAKIS, A. Effect of tree planting design and tree species on human thermal comfort in the tropics. **Landscape and Urban Planning**, v. 138, p. 99–109, jun. 2015.
- ALMEIDA, Danielucia Noya de; RONDON NETO, Rubens Marques. Análise da arborização urbana de duas cidades da região norte do estado de Mato Grosso. **Revista Árvore**, v. 34, n. 5, 2010.
- ALVES, M. R. P. Palmeiras. Características botânicas e evolução. Campinas, SP: Fundação Cargill, 1987, 129p.
- AMEUR, K. Validation of a thermal comfort index for public outspaces. In: V ENCONTRO NACIONAL EII ENCONTRO LATINO-AMERICANO SOBRE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 1999, Fortaleza. *Anais...* ANTAC, 1999.
- ANDRADE, H.; VIEIRA, R.(2007) – A climatic study of an urban green space: the Gulbenkian park in Lisbon (Portugal), Finisterra, XLII, 84: pp. 27-46.
- ANDREATTA, T. R.; BACKES, F.; BELLÉ, R. A.; et al. Análise da arborização no contexto urbano de avenidas de Santa Maria, RS. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, v. 6, n. 1, p. 36–50, 2011.
- ANGELIS NETO, G.; ANGELIS, B.L.D.; DALL'AGNOL, I.C.S.; KRELING, W.L. O controle de processos em áreas urbanas com o uso da vegetação. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, Piracicaba, v.1, n.1, 2006.
- ASHRAE 2013. ASHRAE Standard 55-2013, "Thermal environmental conditions for human occupancy." Atlanta: American Society of Heating, Refrigerating, and Air-Conditioning Engineers, Inc
- ASSUNÇÃO, K. C.; DA LUZ, P. B.; NEVES, L. G.; DE PAIVA SOBRINHO, S. Levantamento quantitativo da arborização de praças da cidade de Cáceres/MT. , 2014. Disponível em: <http://www.revsbau.esalq.usp.br/artigos_cientificos/artigo81sn-publicacao.pdf>. Acesso em: 2/6/2017.

BANDEIRANTE, E. D. P. Guia de Arborização Viária e Áreas Verdes Públicas, 2010. Disponível em: www.edp.com.br/distribuicao/edp-bandeirante/utilidades/guia-de-arborizacao/Documents/Guia_Arborizacao.pdf Acesso em 01/08/2017.

BENCHEIKH, H.; RCHID, A. The effects of Green spaces (Palme trees) on the microclimate in arides zones, case study: Ghardaia, Algeria. In: SALAME, C.; AILLERIE, M.; KHOURY, G. (Org.). Terragreen 2012: Clean Energy Solutions for Sustainable Environment (cesse). [S.l: s.n.], 2012. v. 18. p. 10–20.

BIONDI, D; BATISTA, A.C.; FERREIRA, R. L. C. Plano de arborização para o bairro de Brasília Teimosa – Recife – PE. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE ARBORIZAÇÃO URBANA, 3, Curitiba, 1990. Anais. Curitiba: FUFEP do Paraná, 1990. P.211-219.

BORTOLETO, S.; SILVA FILHO, D.F.; LIMA, A.M.L.P. Prioridades de manejo para a arborização viária da estância de Águas de São Pedro-SP, por Setores. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**. Piracicaba, v.1, n.1, p.62-73, 2006.

BUENO, C. L.; Estudo da atenuação da radiação solar incidente por diferentes espécies arbóreas. _ Campinas, SP, 1998. 177 f. Dissertação (Mestrado); Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Campinas.

BUENO-BARTHOLOMEI, C. L.; **Influencia da vegetação no conforto térmico urbano e no ambiente construído.** _ Campinas, SP, 2003. 189 f. Tese (Doutorado) – Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal de Campinas.

BUENO-BARTHOLOMEI, C. L.; LABAKI, L. C. (2003). How much does the change of species of trees affect their solar radiation attenuation? In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON URBAN CLIMATE (15th), Lodz, Poland, 2003.

CÂNOVAS, R. Como construir um jardim sustentável. Parte IV. Jardim cor, ago, 2014. Disponível em: < <http://www.jardimcor.com/cronica/como-construir-um-jardim-sustentavel-parte-iv/>>. Acesso em: 20 mai. 2016.

CARDOSO-LEITE, Eliana et al. Composição florística da arborização urbana de Sorocaba/SP, Brasil. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, Piracicaba, v. 9, n. 1, p. 133-150, 2014.

CEMIG. Companhia Energética de Minas Gerais. Manual de Arborização. Belo Horizonte-MG: Cemig/Fundação Biodiversitas, 2011.

CEPAGRI. CENTRO DE PESQUISAS METEOROLÓGICAS E CLIMÁTICAS APLICADAS À AGRICULTURA. Clima dos Municípios Paulistas. 2016. Campinas, SP.

DANTAS, C.I.; SOUZA, C.M.C. Arborização urbana na cidade de Campina Grande - PB: Inventário e suas espécies. **Revista de Biologia e Ciências da Terra, Campina Grande**, v. 4, n. 2, 2004, n/p.

DETZEL, V. A. Avaliação monetária de árvores urbanas. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE ARBORIZAÇÃO URBANA, 3, Curitiba, 1990. Anais. Curitiba: FUFEP do Paraná, 1990. p 140-152.

FANGER, P. O. Thermal comfort. Analysis and applications in environmental engineering. **Thermal comfort. Analysis and applications in environmental engineering.**, 1970.

FARIA, J.L.G.; MONTEIRO, E.A.; FISCH, T.V. Arborização de vias públicas do município de Jacareí –SP. SBAU, v2, n.4, p 20-33, 2007.

FERNANDES, M. R. Refazendo o sertão: o lugar do buriti (*Mauritia flexuosa* Linn. f.) na cultura sertaneja de Terra Ronca-GO. , 2011. Disponível em: <<http://repositorio.unb.br/handle/10482/9408>>. Acesso em: 2/9/2017.

FERRAZ, M. V.; BENDINI, H. N. Workshop sobre arborização urbana no Vale do Ribeira. Botucatu: FEPAF. 2009, 56 p

FURTADO, Adma Elias. Simulação e análise da utilização da vegetação como anteparo às radiações solares em uma edificação. Rio de Janeiro: Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da UFRJ, 1994. 144 p. (Dissertação, Mestrado em Ciências de Arquitetura).

GIVONI, B. (1992): Comfort, climate analysis and building design guidelines, *Energy and Buildings*, v. 18 pp. 11-23.

GOMES, M. A. S.; AMORIM, M. C. de C. T. Arborização e conforto térmico no espaço urbano: estudo de caso nas praças públicas de Presidente Prudente (SP). *Caminhos de Geografia*, v. 4, n. 10, 2006.

GÓMEZ-BAGGETHUN, Erik; BARTON, David N. Classifying and valuing ecosystem services for urban planning. **Ecological Economics**, v. 86, p. 235-245, 2013.

GREY, G. W.; DENEKE, F. J. Urban forestry. New York: John Wiley, 1978, 279p.

HARDER, I. C. F. **Inventário quali-quantitativo da arborização e infra-estrutura das praças da cidade de Vinhedo (SP)**, 2002. Universidade de São Paulo. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11136/tde-13022003-145401/en.php>>. Acesso em: 19/5/2017.

HERZOG, C. P. Cidades para todos:(re) aprendendo a conviver com a natureza. Rio de Janeiro: Mauad X, 2013, 311p.

HIRASHIMA, Simone Queiroz da Silveira. Calibração do Índice de Conforto Térmico Temperatura Fisiológica Equivalente (PET) para espaços abertos do município de Belo Horizonte. 2010. 227 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Arquitetura e Urbanismo, Tecnologia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2010.

HÖPPE, Peter. The physiological equivalent temperature—a universal index for the biometeorological assessment of the thermal environment. **International journal of Biometeorology**, v. 43, n. 2, p. 71-75, 1999.

INTERNATIONAL STANDARDIZATION FOR ORGANIZATION. ISO 7726: Ergonomics of The thermal environment -- Instruments for measuring physical quantities. Genebra, 2001.62p.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARD. ISO 7730: moderate thermal environments: determination of the PMV and PPD Indices and Specification of the conditions of Thermal Comfort. Geneva, 2005

KERBAUY, G. B. **Fisiologia Vegetal**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2008. 2. ed., 446p.

KONG, L.; LAU, K. K.-L.; YUAN, C.; et al. Regulation of outdoor thermal comfort by trees in Hong Kong. **Sustainable Cities and Society**, v. 31, p. 12–25, 2017.

KRAMER, João Alberto; KRUPEK, Rogério Antonio. Floristic and ecological characterization of arborization of municipality of the Guarapuava, PR. **Revista Árvore**, v. 36, n. 4, p. 647-658, 2012.

KRÜGER, E. L.; DRACH, P. R. C.; EMMANUEL, R.; CORBELLA, O. D. Estudo de conforto em espaços abertos em região de clima temperado: o caso de Glasgow, Reino Unido. **Ambiente Construído**, v. 12, n. 1, p. 7–25, 2012.

LABAKI, L. C; SANTOS, R.F.; BUENO-BARTHOLOMEI, C. L.; ABREU, L. V. Vegetação e conforto térmico em espaços urbanos abertos. Fórum Patrimônio: **Ambiente Construído e Patrimônio Sustentável**, v. 4, n. 1, 2011.

LOMBARDO, M. A. Ilha de calor nas metrópoles: o exemplo de São Paulo. São Paulo: HUCITEC, 1985, 244 p.

LORENZI, H. Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. Nova Odessa: Plantarum, 1998. 352 p.

LORENZI, H; NOBLICK, L.; KAHN, F; FERREIRA, E. Flora Brasileira. *Arecaceae* (Palmeiras). Nova Odessa, SP: Instituto Plantarum de Estudos da Flora Ltda, 2010, 384p.

LORENZI, H. Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. 5 .ed. Instituto Plantarum de Estudos da Flora, 2008. v. 1. 384 p.

LORENZI, HarriSouza et al. **Palmeiras no Brasil: nativas e exóticas**. São Paulo, BR: Edit. Plantarum, 1996.

MACEDO, S. S.; MESQUITA, P. R.; Ética e Estética o Destino do Litoral. **Paisagem e Ambiente - Ensaios**, FAUUSP, São Paulo, v. III, 1989.

MACIEL, M. C. A história da praça João Alves e sua contribuição na paisagem da cidade. **Paisagem e Ambiente**, , n. 23, p. 184–197, 2007.

MARIA, T. R. B. D. C.; BIONDI, D.; BOBROWSKI, R.. INVENTÁRIO FLORÍSTICO QUALI-QUANTITATIVO DAS VIAS PÚBLICAS DE ITANHAÉM-SP. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, v. 11, n. 4, p. 79-97, 2016

MASCARÓ, Lucia; MASCARÓ, J. Vegetação Urbana. 2ª edição. **Porto Alegre. Mais Quatro**. 204p, 2005.

MASCARÓ, J. J.; GIACOMIN, S. D.; CUADROS, S.; Ambiência urbana e arborizaçãopública. In: ENCAC E ELACAC - ENCONTRO NACIONAL E ENCONTRO

LATINOAMERIANO SOBRE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, IX e V., 2007, Ouro Preto. **Anais...** Ouro Preto: ANTAC, 2007. CD rom.

MATZARAKIS, A.; MAYER, H.; IZIONMON, M. G. Applications of a Universal Thermal Index: physiological equivalent temperature. **International Journal of Biometeorology**, v. 43, p. 76-84, 1999.

MAYER, H., HÖPPE, P. (1987). Thermal comfort of man in different urban environments. *Theoretical and Applied Climatology*, v. 38, p. 43-49.

MELLO FILHO, L. E. Arborização urbana. In: Encontro Nacional sobre Arborização Urbana, I, 1985.

MINELLA, F. C. O.; ROSSI, F. A.; KRÜGER, E. Análise do efeito diurno do fator de visão do céu no microclima e nos níveis de conforto térmico em ruas de pedestres em Curitiba. **Ambiente Construído**, v. 11, n. 1, p. 123–143, 2011.

MINHOTO, E. S.; MONTEIRO, E. A.; FISCH, S. T. V. Arborização viária na cidade de Taubaté, SP: no centro comercial histórico e um bairro residencial moderno. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, v. 4, n. 2, p. 82–96, 2009.

MONTALVÃO, Edmundo. O setor elétrico e o horário de verão. 2005. Disponível em: <<http://www2.senado.leg.br/bdsf/handle/id/102>>. Acesso em: 10/01/2018.

MONTEIRO, C.A.F.; MENDONÇA, F.; DANNI-OLIVEIRA, I.M.D.; BRANDÃO, A.M.P.M.; GONÇALVES, N.M.S. Clima urbano. SP, E. Contexto, 2003.

MONTEIRO, L. M.; ALUCCI, M. P. Modelos Preditivos de Estresse Termo-Fisiológico: estudo empírico comparativo em ambientes externos. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 12., Fortaleza, 2008. **Anais...** Fortaleza: Antac, 2008. 1 CD-ROM.

MORAES, Lorrán André; MACHADO, Roselis Ribeiro Barbosa. A arborização urbana do município de Timon/MA: inventário, diversidade e diagnóstico quali-quantitativo. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, v. 9, n. 4, p. 80-98, 2015.

MOREIRA, T. C. L. **Interação da vegetação arbórea e poluição atmosférica na cidade de São Paulo**, 2010. Universidade de São Paulo. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11150/tde-17032010-134836/en.php>>. Acesso em: 19/7/2017.

MORENO, M. M.; **Parâmetros para implantação efetiva de áreas verdes em bairros periféricos de baixa densidade**. Campinas, SP, 2006. 155 p. Dissertação (mestrado). Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas.

MOTTA, G.L.O. Inventário da arborização de áreas, utilizando um sistema hierárquico para endereço impreciso. Viçosa, 1998. 124 p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.

NBR, ABNT. NBR 15220-3: Desempenho térmico de edificações, parte 3: zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social. **Rio de Janeiro**, 2005.

OBI, N. I; CHENDO, I.G. The influence of vegetation on microclimate in hot humid tropical environment: a case of Enugu urban. *International Journal of Energy and Environmental Research*, v. 2, n.4, 2014, 11p.

OKE, T.R. *Boundary layer climates*. 2nd ed. London: Methuen & CO, 1978.

OKE, T. R. The micrometeorology of the urban forest. **Philosophical Transactions of the Royal Society of London B: Biological Sciences**, v. 324, n. 1223, p. 335-349, 1989.

OLIVEIRA, A. S. et al. Benefícios da arborização em praças urbana: o caso de Cuiabá/MT. *Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental*, v. 9, n. 9, p. 1900–1915, 2013.

OLIVEIRA FILHO, P.; SILVA, S. Um sistema de informações para suporte espacial e de decisões à gestão da arborização urbana no município de Guarapuava, Paraná. **Revista Brasileira de Arborização Urbana, Piracicaba**, v. 5, n. 3, p. 82–96, 2010.

OLIVEIRA, Uldérico Rios et al. Arborização urbana do centro de Petrolina-PE. In: **Embrapa Semiárido-Artigo em anais de congresso (ALICE)**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARBORIZAÇÃO URBANA, 13., 2009, Rio Branco. Diversidade na floresta e na cidade: coletânea de trabalhos. Rio Branco: Sociedade Brasileira de Arborização Urbana, 2009., 2009.

PEZZUTO, Claudia Cotrim et al. Avaliação do ambiente térmico nos espaços urbanos abertos: Estudo de caso em Campinas, SP. 2007.

PIRES, N.; MELO, M. DA S.; OLIVEIRA, D. DE; XAVIER-SANTOS, S. A arborização urbana do município de Goiandira/GO—caracterização qualiquantitativa e proposta de manejo. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, v. 5, n. 3, p. 185–205, 2010.

RABER, Aline Pazinato; REBELATO, Gisele Sana. Arborização viária do município de colorado, RS-Brasil: análise quali-quantitativa. **REVSBAU**, v. 5, n. 1, p. 183-99, 2010.

RAUPP, Michael J.; CUMMING, A. B., e RAUPP, E. C. Street tree diversity in eastern North America and its potential for tree loss to exotic borers. **Arboriculture and Urban Forestry**, v. 32, n. 6, p. 297, 2006.

RIVERO, R. *Arquitetura e clima: acondicionamento térmico natural*. 2. ed. Porto Alegre: DC Luzzato/UFRGS, 1986.

ROMANI, G. DE N.; GIMENES, R.; SILVA, M. T.; PIVETTA, K. F. L.; BATISTA, G. S. Análise quali-quantitativa da arborização na praça XV de novembro em Ribeirão Preto-SP, Brasil. **Revista Árvore**, p. 479–487, 2012.

SALMOND, J. A.; TADAKI, M.; VARDOULAKIS, S.; et al. Health and climate related ecosystem services provided by street trees in the urban environment. **Environmental Health**, v. 15, n. 1, p. S36, 2016.

SALMOND, J. A.; WILLIAMS, D. E.; LAING, G.; et al. The influence of vegetation on the horizontal and vertical distribution of pollutants in a street canyon. **Science of the Total Environment**, v. 443, p. 287–298, 2013.

SANTOS, N. R. Z.; TEIXEIRA, J. F. Arborização de vias públicas: ambiente x vegetação. Santa Cruz do Sul: Instituto Souza Cruz, 2001. 135 p.

SCHALLENBERGER, Leonardo Serpa et al. Avaliação da condição de árvores urbanas nos principais parques e praças do Município de Irati-PR. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana, Piracicaba-SP**, v. 5, n. 2, p. 105-123, 2010.

SELHUB, E. M.; LOGAN, A. C. Your brain on nature: the science of nature's influence on your health, happiness, and vitality. Canada: Wiley, 2012. 248 p.

SHASHUA-BAR, L.; PEARLMUTTER, D.; ERELL, E. The influence of trees and Grass on outdoor thermal comfort in a hot-arid environment. **International Journal of Climatology**, v. 31, n. 10, p. 1498–1506, 2011.

SHASHUA-BAR, Limor et al. Microclimate modelling of street tree species effects within the varied urban morphology in the Mediterranean city of Tel Aviv, Israel. **International journal of climatology**, v. 30, n. 1, p. 44-57, 2010.

SHINZATO, P. O impacto da vegetação nos microclimas urbanos. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo). São Paulo: Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, 2009. 173f.

SILVA, C. D. D.; ALMEIDA, L. M. Composição florística e fitossociológica das praças do bairro de Neópolis, Natal – RN. **Revista Cultural e Científica do UNIFACEX**, v. 14, n. 2, p. 86-103, 2016.

SILVA, E. N.; RIBEIRO, H.; SANTANA, P. Clima e Saúde em Contextos Urbanos: Uma Revisão da Literatura. **Revista Bibliográfica de Geografia y Ciencias Sociales, Barcelona: Universidad de Barcelona**, v. 19, n. 1092, 2014. Disponível em: <<http://www.ub.edu/geocrit/b3w-1092.htm>>. Acesso em: 10/7/2017.

SILVA, Iran Jose Oliveira da et al. Sombreamento natural: avaliação térmica de algumas espécies. In ENCAC 2001 (VI Encontro Nacional sobre Conforto no Ambiente Construído e III Encontro Latino-americano sobre Conforto no Ambiente Construído), 2001, São Pedro (Brasil). Anais ... Sao Pedro, 2001. CD ROM.

SILVA, L. F. da Situação da arborização Viária de espécies para os bairros Antônio Zanaga I e II, da Cidade de Americana/SP. 2005. 80f. Dissertação (Mestrado em Agronomia, área de concentração Fitotecnia) - Escola Superior de Agricultura “Luis de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2005.

SILVA, L. R.; MEUNIER, I. M. J.; MIRANDA, A. M. F. Riqueza e densidade de árvores, arvoretas e palmeiras em parques urbanos de Recife, Pernambuco, Brasil. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, v. 2, n. 4, p. 34–49, 2007.

SODRÉ, J. B. Morfologia das palmeiras como meio de identificação e uso paisagístico. Lavras, MG, 2005. Monografia (Especialização em Plantas Ornamentais e Paisagismo). Universidade Federal de Lavras, MG, 65p. 2005.

SPRONKEN-SMITH R.A.; Oke T.R. 1998. The thermal regime of urban parks in two cities with different summer climates. **International Journal of Remote Sensing** 19: 2085–2104.

TOPPING, J. Errors of observation and their treatment. 4.ed. London: Science Paperbacks, 1972. 120 p.

TRINDADE, Sidnei. A palmeira. [S.I.]: Jardinagem e Paisagismo, 2010. Disponível em: <http://jardinagemepaisagismo.com/a-palmeira.html>. Acesso em: 18 ago. 2016

TROWBRIDGE, P. J. ; BASSUK, N. L. Trees in Urban Landscapes: site assessment, design and installation. Hoboken: Wiley & Sons, 2004. 207p.

TZENKOVA, A; KANDJOU, I; IVANCHEVA, J. Some Biometeorological aspects of urban climate in Sofia. **Scientists Contributions Journal**, Eurasap, 2000.

WEIRICH, R. A. *et al.* Arborização urbana para mitigação das condições microclimáticas em Goiânia, Goiás. **Revista Ecologia e Nutrição Florestal-ENFLO**, v. 3, n. 2, p. 48–58, 2015.